



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática

PROYECTO FIN DE CARRERA

Diseño y construcción de una flota de microrobots – Diseño mecánico.

Autor: Carlos Sánchez García

Tutor: Dr. Arturo de la Escalera Hueso

Leganés, Junio de 2012

Título: Diseño y construcción de una flota de microrobots – Diseño mecánico.
Autor: Carlos Sánchez García,
Director: Dr. Arturo de la Escalera Hueso.

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día __ de _____
de 20__ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de
Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos:

No habría sido posible realizar este Proyecto Fin de Carrera sin la ayuda de todas las personas que me han empujado para empezar y acabarlo, unas más que otras, unas vivas y otras que tristemente ya no están entre nosotros.

A todas esas personas a las que probablemente en más de una ocasión las haya respondido con malas formas por animarme a seguir con esto les doy las gracias.

También quiero dar las gracias a mi tutor, el Dr. Arturo de la Escalera Hueso por su ayuda y tiempo dedicado para poder realizar este proyecto, a Alberto Valero que también ha ayudado dando consejos y arreglando la impresora 3D.

Además quiero agradecer a la empresa para la que trabajo que me haya dado facilidades para poder compaginar el trabajo y la realización del proyecto.

Índice de contenido

OBJETIVO	6
FASES DEL DESARROLLO	8
MEDIOS EMPLEADOS.....	10
SKYBOT.....	11
LA IMPRESIÓN 3D	14
LA IMPRESIÓN POR CORTE DE LASER VS IMPRESIÓN CON IMPRESORA 3D	20
SOFTWARE DE DISEÑO	23
CÓMO UTILIZAR LA IMPRESORA 3D	27
MODIFICACIONES A REALIZAR	32
PROCESO DE FABRICACIÓN	43
PROCESO DE MONTAJE	57
PRESUPUESTO.....	67
CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	73

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Parámetros de impresión de las bases</i>	43
<i>Tabla 2: Parámetros de impresión del frontal</i>	45
<i>Tabla 3: Parámetros de impresión del bastidor de la rueda loca</i>	47
<i>Tabla 4: Parámetros de impresión del lateral</i>	48
<i>Tabla 5: Parámetros de impresión de la omega porta infrarrojos</i>	49
<i>Tabla 6: Parámetros de impresión de la rueda</i>	51
<i>Tabla 7: Parámetros de impresión de la rueda loca</i>	52
<i>Tabla 8: Tabla de tiempos de impresión por pieza</i>	54
<i>Tabla 9: Tabla de tiempos necesarios por fase del proyecto</i>	65
<i>Tabla 10: Tabla del coste total del proyecto</i>	66

Índice de figuras

Figura 1: Imagen del nuevo chasis.	7
Figura 2: Imagen del Skybot original	7
Figura 3: Imagen del Skybot original	12
Figura 4: Imagen del chasis del Skybot original	12
Figura 5: Imágenes del montaje del Skybot original	13
Figura 6: Imagen de una impresora por inyección	15
Figura 7: Imagen de una impresora de fotopolimerización	16
Figura 8: Imagen de una impresora RepRap de uso doméstico	17
Figura 9: Imagen de una impresora HP de uso doméstico.	19
Figura 10: Imagen de la fusión de dos piezas en una sola	22
Figura 11: Captura de imagen de OpenScad	23
Figura 12: Captura de imagen de FreeCad	24
Figura 13: Captura de imagen de Solid Edge.	24
Figura 14: Captura de imagen de ReplicatorG	25
Figura 15: Ubicación del botón “Connect”	27
Figura 16: Ubicación de los botones “Center” y “Put on platform”	28
Figura 17: Ubicación del botón “Generate Gcode”	28
Figura 18: Menú con los principales parámetros de impresión	29
Figura 19: Líneas del Gcode donde se modifica la temperatura del cabezal (M104) y de la plataforma (M109)	30
Figura 20: Imagen del botón “Build”	31
Figura 21: Imagen de la base del anterior Skybot, de una pieza	32
Figura 22: Imagen de la base trasera del nuevo Skybot	33
Figura 23: Imagen de la base delantera del nuevo Skybot	33
Figura 24: Detalle de la unión de las dos partes que componen la base y ranura pasacables	34
Figura 25: Vaciado en la zona de la rueda loca y ranura pasacables más amplia	35
Figura 26: Imagen del frontal del nuevo Skybot, se aprecian los carriles para regular la distancia al suelo de los sensores infrarrojos	35
Figura 27: Imagen de un diseño previo de frontal sin los carriles	36

<i>Figura 28: Imagen del antiguo Skybot donde se aprecian los laterales (A) y el frontal antiguo (C)</i>	<i>37</i>
<i>Figura 29: Imagen de los nuevos laterales del Skybot</i>	<i>38</i>
<i>Figura 30: Imagen del antiguo Skybot donde se aprecian los laterales (A) y el frontal antiguo (C)</i>	<i>38</i>
<i>Figura 31: Imagen de la nueva rueda</i>	<i>39</i>
<i>Figura 32: Imagen de las ruedas antiguas</i>	<i>39</i>
<i>Figura 33: Imagen del conjunto de rueda loca del nuevo Skybot</i>	<i>40</i>
<i>Figura 34: Imagen del primer diseño de bastidor (derecha) y del segundo diseño (izquierda)</i>	<i>41</i>
<i>Figura 35: Imagen del conjunto de rueda loca del antiguo Skybot</i>	<i>41</i>
<i>Figura 36: Imagen de la omega que fija los infrarrojos ya en su posición (en morado)</i>	<i>42</i>
<i>Figura 37: Ejemplo de pieza impresa con raft</i>	<i>44</i>
<i>Figura 38: Ejemplo de pieza impresa con raft y multiply</i>	<i>45</i>
<i>Figura 39: Posición de impresión de la base delantera</i>	<i>46</i>
<i>Figura 40: Posición de impresión de la base delantera</i>	<i>47</i>
<i>Figura 41: Posición de impresión del frontal</i>	<i>49</i>
<i>Figura 42: Posición de impresión del bastidor de la rueda loca</i>	<i>50</i>
<i>Figura 43: Posición de impresión del lateral</i>	<i>52</i>
<i>Figura 44: Posición de impresión la omega para infrarrojos</i>	<i>53</i>
<i>Figura 45: Posición de impresión de la rueda</i>	<i>54</i>
<i>Figura 46: Posición de impresión de la rueda loca</i>	<i>56</i>
<i>Figura 47: Despiece del chasis del robot</i>	<i>57</i>
<i>Figura 48: Detalle del montaje de la base</i>	<i>58</i>
<i>Figura 49: Base más frontal</i>	<i>59</i>
<i>Figura 50: Laterales</i>	<i>59</i>
<i>Figura 51: Laterales y frontal una vez montados</i>	<i>60</i>
<i>Figura 52: Montaje de los servomotores</i>	<i>60</i>
<i>Figura 53: Servomotores instalados</i>	<i>61</i>
<i>Figura 54: Ruedas ya instaladas</i>	<i>61</i>
<i>Figura 55: Detalle de la rueda loca montada en la base</i>	<i>62</i>
<i>Figura 56: Vista lateral del chasis</i>	<i>63</i>

<i>Figura 57: Detalle de los sensores de contacto</i>	63
<i>Figura 58: Sensores de contacto instalados</i>	64
<i>Figura 59: Detalle de la parte frontal del robot (el robot está dado la vuelta)</i>	65
<i>Figura 60: Detalle de la parte frontal del robot visto desde atrás (el robot está dado la vuelta)</i>	65
<i>Figura 61: Chasis finalizado</i>	66

Objetivo:

El objetivo fundamental del presente Proyecto Fin de Carrera es el de, partiendo de un robot que ya existía, el Skybot, modificarlo, mejorarlo y añadirle varios sensores nuevos y crear una flota de éstos (diez unidades) y utilizarlos en la Universidad con carácter didáctico. Para ello se establecen los siguientes objetivos parciales:

1. Se modifica el robot de partida para que todo el chasis del robot sea imprimible con cualquier impresora 3D, además todas las piezas que componen el robot son Open Source y la información necesaria para fabricarlas están a disposición de cualquier persona con acceso a internet de una manera gratuita.

2. Se mejora el robot para que su montaje sea más sencillo, el chasis más ligero y tenga una mejor maniobrabilidad.

3. Se le añaden varios sensores nuevos:

El primero es un **sensor de ultrasonidos** para que el robot pueda detectar obstáculos y así evitarlos o dirigirse a ellos, según el fin para el que se programe.

El segundo es una ampliación de los **sensores de infrarrojos** que llevaba instalados. En la versión anterior sólo se montaban dos sensores y con esta nueva versión, se duplica el número, es decir, se instalan cuatro sensores de infrarrojos para poder seguir marcas en el suelo con una mayor precisión.

Además, se ha hecho un sistema de altura regulable para estos sensores ya que dependiendo de las condiciones de luminosidad en el entorno, la distancia entre los sensores y el suelo puede variar.

Con todo esto lo que se pretende es obtener un robot más barato de producir, con más funcionalidades, más ligero y versátil, *open source* e imprimible con una impresora 3D desde cualquier parte del mundo.

La finalidad de estos robots es didáctica, ya que estudiantes de ingeniería o simplemente aficionados de cualquier nivel pueden utilizar estos robots para adentrarse en el mundo de la robótica ya que son robots fáciles de manejar, no complejos y la información necesaria para fabricarlos y programarlos se encuentra al alcance de cualquiera.

En la siguiente página se pueden observar los dos modelos de chasis, el antiguo y el nuevo.

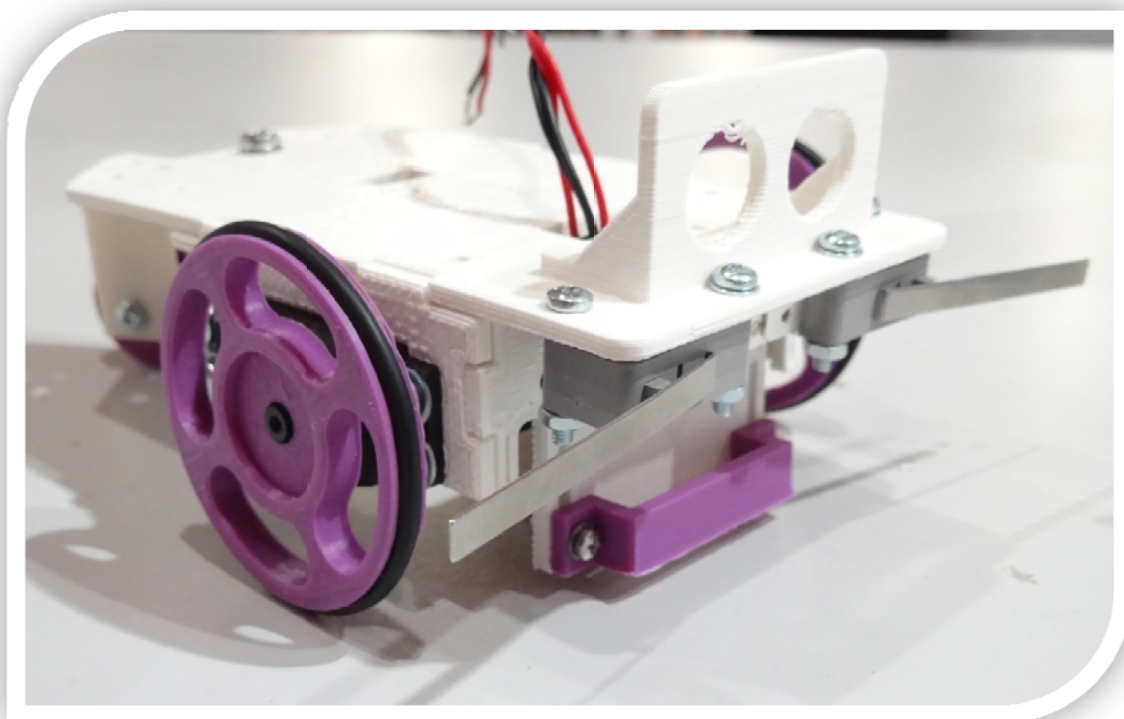


Figura 1: Imagen del nuevo chasis. [Fuente: Elaboración propia]

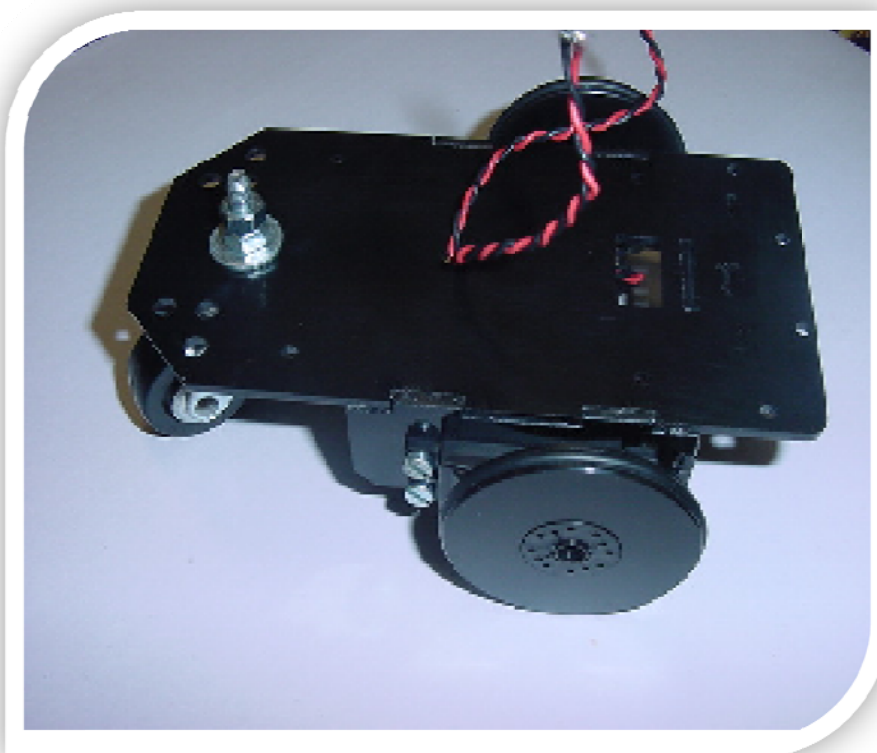


Figura 2: Imagen del Skybot original. [Fuente: www.learobotics.com]

Fases del desarrollo

Las distintas fases por la que ha pasado este proyecto desde su concepción hasta su finalización han sido las siguientes:

1. **Primera fase:** Consiste en obtener todos los datos del robot de partida, el Skybot, tales como planos de las piezas y listas de material necesario y establecer los objetivos del proyecto de cara a establecer una planificación de objetivos para acabar con éxito éste.
2. **Segunda fase:** Una vez fijados los objetivos y recopilada toda la información de partida necesaria, el siguiente paso es estudiar a fondo cada parte que compone el robot y evaluar cuáles podrían ser las mejoras para cada pieza y realizar un prototipado rápido de cada una de las nuevas piezas.
3. **Tercera fase:** Una vez que se conocen las modificaciones iniciales que se quiere hacer a cada pieza que conforma el robot, el siguiente paso es llevar a cabo esas modificaciones utilizando un programa de CAD. En este caso el software utilizado es Solid Edge V.19.
4. **Cuarta fase:** Cuando se han hecho las modificaciones con el software de diseño 3D de las piezas existentes, se pasa a diseñar las piezas nuevas que no tenía el robot en su versión anterior debido a que en esta nueva versión se han añadido funcionalidades y es necesario darle soporte mecánico a los nuevos sensores que hay que instalar en el robot.
5. **Quinta fase:** Ésta fase es la fase de impresión con la impresora 3D. Antes de nada hay que aprender a utilizarla correctamente ya que existen multitud de parámetros que se pueden modificar para obtener distintos tipos de impresión. Una vez que se conoce la operativa de la impresora se imprimen todas las piezas necesarias para crear el chasis del primer robot pero con unos parámetros menos restrictivos que si fueran piezas definitivas para los diez robots que van a componer la flota para que esta fase no se dilate en el tiempo. (velocidad de impresión, parámetro de relleno de la pieza, ...).
6. **Sexta fase:** Una vez impreso todo el chasis del robot se procede al montaje del primer prototipo registrando cualquier incidencia.
7. **Séptima fase:** Con el chasis del robot listo, se monta la electrónica y se prueba todo el conjunto para comprobar su correcto funcionamiento. Se debe anotar cualquier incidencia.
8. **Octava fase:** En ésta fase, basándonos en las incidencias registradas en las fases quinta, sexta y séptima, se realizan las modificaciones necesarias para solventar todos los errores que se hayan podido localizar durante esas fases.

9. **Novena fase:** Se vuelven a imprimir todas las piezas que componen el chasis del robot, se monta y se vuelve a probar. En caso de que los resultados de los test sean satisfactorios, se procede a pasar a la fase décima, en caso contrario, habrá que volver a la octava fase, rediseñando las piezas que no sean correctas.
10. **Décima fase:** Es la última fase. Consiste en que una vez que se ha validado el diseño de todo el chasis del robot, se procede a la impresión de toda la serie de los diez robots que componen la flota.

En el apartado del Presupuesto se puede observar el diagrama de Gantt del proyecto donde se muestran como se distribuyen estas fases a lo largo del tiempo.

Medios empleados

Para poder llevar a cabo este proyecto, han sido necesarios principalmente tres elementos:

1. El robot Skybot: Hay que conocer sus funcionalidades y cómo está construido, ya que es el punto de partida del proyecto. Partiendo de él se realiza una evolución para mejorarlo en todos sus aspectos tanto estructural como funcionalmente.
2. El software de diseño 3D: Se barajaron varias opciones a cerca de qué software para realizar el diseño 3D del chasis era el más adecuado. El principal requisito a la hora de elegir el software de diseño era que los archivos generados se pudieran guardar bajo la extensión “.STL” ya que es el tipo de archivos que es capaz de reconocer la impresora 3D. Se hicieron pruebas con tres programas: OpenScad, FreeCad y Solid Edge. Tras evaluar los resultados obtenidos por cada uno de ellos, se optó por realizar todo el diseño con Solid Edge, concretamente la versión V.19.
3. Las impresoras 3D: Es el medio que nos va a permitir fabricar las piezas que van a componer los chasis de los robots. Se han utilizado las dos impresoras 3D que existen en el departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. Las impresoras son sencillas en su construcción pero muy versátiles y con cantidad de parámetros ajustables para realizar distintos tipos de impresión. Son impresoras que funcionan extruyendo plástico ABS a alta temperatura.

SKYBOT:

El Skybot es un robot sencillo, didáctico y abierto. Permite que todos aquellos que tengan interés por la robótica puedan iniciarse en ella de una manera rápida y sencilla.

El Skybot es un robot móvil, que se desplaza mediante dos ruedas motrices y está dotado de sensores para reaccionar ante estímulos del medio.

Es un robot abierto: los planos de la estructura mecánica, los esquemas hardware y el código fuente de los programas están disponibles bajo una licencia libre. Cualquiera puede construirse el robot o estudiar con más detalle cualquiera de sus partes.

Está pensado para aquellos que quieren iniciarse en el mundo de la robótica y los micro controladores. Su electrónica es la misma empleada en robots más avanzados tanto comerciales como de investigación. Por ello, a partir de este robot es muy fácil desarrollar otros más complejos.

También es Multiplataforma. El software que utiliza está disponible para GNU/Linux, Windows y Mac y además es libre, por lo que se puede portar a otras plataformas, modificarlo y distribuirlo libremente.

CARACTERÍSTICAS:

- Robot Abierto. Toda la información está disponible y se conceden permisos para su estudio, modificación y distribución. El software para su utilización es libre.
- Multiplataforma: Linux/Windows/Mac
- Estructura mecánica: Piezas de metacrilato de 3mm pegadas
- Dos ruedas motrices: Actuadas por servos Futaba 3003 modificados para girar 360 grados
- Sensores:
 - 2 sensores de infrarrojos CNY70 para detectar superficies blancas/negras,
 - 2 sensores de contacto (bumpers)
 - 1 sensor de luz (ampliable)
 - 1 relé
- Dimensiones: 16 x 11 x 10 cm. (largo)x(ancho)x(alto)
- Microprocesador: PIC16F876A (Tarjeta Skypic)
- Etapa de potencia: Chip 293 (Tarjeta Sky293)
- Alimentación: Entre 4.5-6v. Se usan 4 pilas de tipo AA. Opcionalmente se puede utilizar una alimentación separada para los motores, comprendida entre 4-12 voltios. (Por ejemplo una pila de 9v). Con ello se consigue más velocidad.

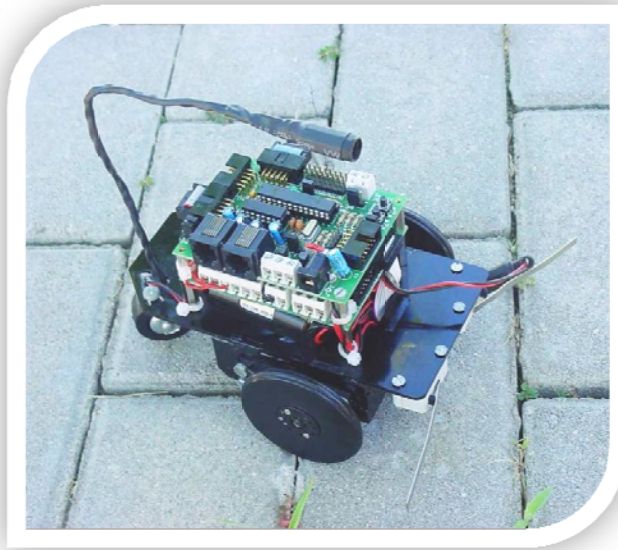


Figura 3: Imagen del Skybot original. [Fuente: www.learobotics.com]

CHASIS MECÁNICO:

La estructura mecánica está compuesta por 7 piezas de metacrilato de 3mm, dos servos Futaba 3003 modificados y una rueda loca.

Es una estructura fácilmente replicable y se pueden emplear materiales como madera, PVC expandido, aluminio, etc. Las piezas se unen mediante pegamento y los motores se sujetan mediante tornillos de métrica 4. Tanto la tornillería como la rueda loca se encuentran en cualquier ferretería.



Figura 4: Imagen del chasis del Skybot original. [Fuente: www.learobotics.com]

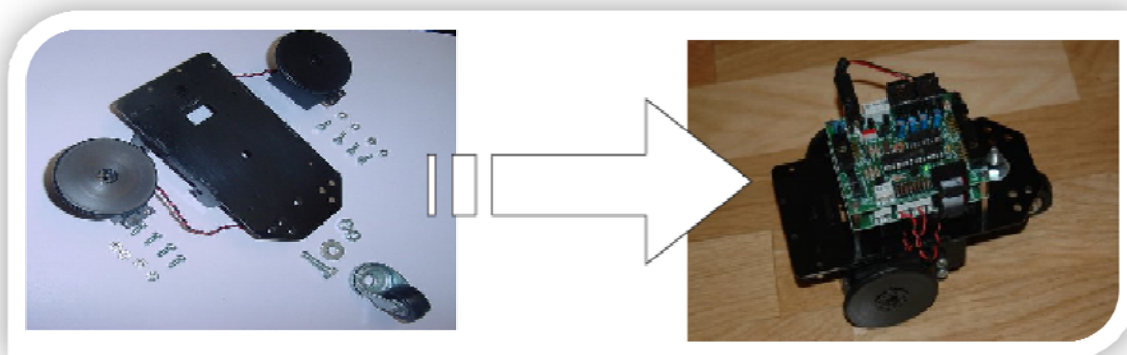


Figura 5: Imágenes del montaje del Skybot original. [Fuente: www.iearobotics.com]

LA IMPRESIÓN 3D:

La impresión 3D es un grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D son por lo general más rápidas, más baratas y más fáciles de usar que otras tecnologías de fabricación por adición, aunque como cualquier proceso industrial, estarán sometidas a un compromiso entre su precio de adquisición y la tolerancia en las medidas de los objetos producidos. Las impresoras 3D ofrecen a los desarrolladores de producto, la capacidad para imprimir partes y montajes hechos de diferentes materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas, a menudo con un simple proceso de montaje. Las tecnologías avanzadas de impresión 3D, pueden incluso ofrecer modelos que pueden servir como prototipos de producto.

Desde 2003 ha habido un gran crecimiento en la venta de impresoras 3D. De manera inversa, el coste de las mismas se ha reducido. Esta tecnología también encuentra uso en los campos tales como joyería, calzado, diseño industrial, arquitectura, ingeniería y construcción, automoción y sector aeroespacial, industrias médicas, educación, sistemas de información geográfica, ingeniería civil y muchos otros.

Métodos de impresión:

Un gran número de tecnologías en competencia están disponibles para la impresión 3D; sus principales diferencias se encuentran en la forma en la que las diferentes capas son usadas para crear piezas. Algunos métodos usan fundido o ablandamiento del material para producir las capas, por ejemplo sinterizado de láser selectivo (SLS) y modelado por deposición de fundente (FDM), mientras que otros depositan materiales líquidos que son curados con diferentes tecnologías. En el caso de manufactura de objetos laminados, delgadas capas son cortadas para ser moldeadas y unidas juntas.

Cada método tiene sus propias ventajas e inconvenientes; por ello, algunas compañías ofrecen elegir entre polvos y polímero como material de fabricación de la pieza según sean las prioridades del cliente. Generalmente las consideraciones principales son velocidad, coste del prototipo impreso, coste de la impresora 3D, elección y coste de materiales, así como capacidad para elegir el color.

- *Impresión por inyección*

Un método de impresión 3D consiste en el sistema de impresión por inyección. La impresora crea el modelo de capa en capa esparciendo una capa de polvo (plástico o resinas) e inyecta un coaligante por inyección en la sección de la pieza. El proceso es repetido hasta que todas las capas han sido impresas. Esta tecnología es la única que permite la impresión de prototipos a todo color, permitiendo, además, extraplanos o salientes.



Figura 6: Imagen de una impresora por inyección. [Fuente: www.production3dprinters.com]

- *Procesado digital por luz*

En el procesado digital por luz (DLP), un recipiente de polímero líquido es expuesto a la luz de un proyector DLP bajo condiciones controladas. El polímero líquido expuesto endurece; la placa de montaje se mueve hacia abajo en incrementos pequeños y el polímero es expuesto de nuevo a la luz. El proceso se repite hasta que el modelo es construido. El polímero líquido restante es entonces extraído del recipiente, dejando únicamente el modelo sólido. El ZBuilder Ultra es un ejemplo de sistema DLP de prototipado rápido.

- *Modelado por deposición de fundente*

El Modelado por deposición de fundente, una tecnología desarrollada por Stratasys que es usada en prototipado rápido tradicional, usa una tobera para depositar

polímero fundido sobre una estructura soporte, capa a capa. Otro enfoque es fundir de manera selectiva el medio de impresión sobre una base granular. En esta variación el medio no fundido sirve de soporte para los resaltes y paredes delgadas de la pieza a producir, reduciendo así la necesidad de soportes auxiliares temporales. Típicamente un láser es usado para sinterizar el medio y formar el sólido. Ejemplos de esto son el sinterizado selectivo por láser y el sinterizado directo de metal por láser (DMLS) usando metales. Una última variación consiste en usar una resina sintética que se solidifica usando la luz de LEDs.

- *Fotopolimerización*

Para terminar, características ultra pequeñas pueden ser conseguidas a través de la técnica de la microfabricación 3D, mediante el mecanismo de foto polimerización por absorción de fotones. En esta variación, el objeto 3D deseado es trazado en un bloque de gel con un láser. El gel es curado y se solidifica sólo en los lugares en donde el láser es enfocado debido a la no linealidad óptica de la foto excitación; después de la etapa de láser, el gel restante es lavado. Esta técnica ofrece tamaños de menos de 100 nm siendo fácilmente fabricables tanto en estructuras complejas de partes móviles como en fijas.



Figura 7: Imagen de una impresora de fotopolimerización. [Fuente: www.production3dprinters.com]

- Impresión con hielo

Recientemente se han desarrollado técnicas que por medio de un enfriamiento controlado de agua tratada, son capaces de producir una auténtica impresión 3D con hielo como material. Aunque es una tecnología en desarrollo y sus ventajas a largo

plazo están aún por ver, el ahorro de material específico para llevar a cabo la impresión, independientemente del coste del proceso, parece una de ellas.

Acabados

A diferencia de la estereolitografía, la impresión 3D por inyección está optimizada para obtener velocidad, coste bajo y facilidad de uso, todo lo cual hace de ella una técnica muy útil para etapas tempranas de diseño en ingeniería. No son necesarios materiales químicos tóxicos como los usados en estereolitografía y mínimo trabajo de post-impresión es requerido para el acabado; la única necesidad es el soplado del polvo sobrante después del proceso de impresión, o la retirada de material de soporte en otras técnicas. Las impresiones de polvo coaligado pueden ser endurecidas en el futuro por cera, o por impregnación de polímero termoplástico.

Resolución y tolerancia de impresión

La tolerancia final de pieza dependerá profundamente, además de la resolución antes descrita, de la tecnología y del material utilizado. Es uno de los parámetros más importantes en la elección de proceso de impresión y del dispositivo, ya que no sólo determinará la propia tolerancia dimensional de la pieza, sino si, en caso de espesores pequeños, dicha pieza es realizable o no.

El límite actual de tolerancia para dispositivos DIY o de bajo coste está en torno a 0.1 - 0.2 mm.

Para trabajos de más demanda dimensional, algunos fabricantes son capaces de garantizar tolerancias del orden de las decenas de micras.

Aplicaciones

- *Uso doméstico*

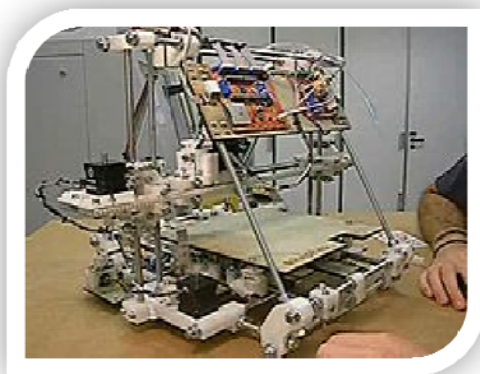


Figura 8: Imagen de una impresora RepRap de uso doméstico. [Fuente: <http://reprap.org/wiki/RepRap/es>]

Existen diferentes esfuerzos, a veces relacionados entre sí, para desarrollar impresoras 3D adecuadas para su uso de "sobremesa" y conseguir que esta tecnología esté disponible a precios asumibles para el público. Gran cantidad de estos trabajos han sido dirigidos y enfocados hacia los entusiastas del DIY o las comunidades de 'early adopter', con conexiones con el mundo académico.

RepRap

RepRap es un proyecto que intenta desarrollar una impresora 3D de código abierto gratuito FOSS, cuyas especificaciones completas son distribuidas bajo la Licencia General Pública GNU; esta impresora puede copiar algunas partes de sí misma. A noviembre de 2010 la RepRap puede únicamente imprimir sus partes plásticas. Desde entonces se está llevando a cabo un desarrollo para dotar al dispositivo de la capacidad de imprimir sus propias placas de circuitos también, así como sus piezas de metal.

Kits

Los kits de impresoras también están disponibles. Existen kits Thing-O-Matic, Ultimaker, Shapercube, Mosaic, Prusa y Huxley. Los precios de estos kits de impresoras varían desde los 500 USD por el Printbot derivado de modelos previos de la RepRap, hasta 1800 USD. El MakerBot es una impresora 3D de código abierto de MakerBot Industries que son las que utilizamos para llevar a cabo este proyecto.

- *Generalidades*

Aplicaciones típicas incluyen visualización de diseños, prototipado/CAD, arquitectura, educación, salud y entretenimiento. Otras aplicaciones pueden llegar a incluir reconstrucción de fósiles en paleontología, replicado de antigüedades o piezas de especial valor en arqueología y reconstrucción de huesos y partes del cuerpo en ciencia forense y patología.



Figura 9: Imagen de una impresora HP de uso doméstico. [Fuente: www.hp.com]

- *Arte*

Más recientemente el uso de las tecnologías de impresión 3D ha sido sugerido. Artistas han usado impresoras 3D de diferentes maneras. Durante el Festival de Diseño de Londres, un montaje, desarrollado por Murray Moss y dirigido a la impresión 3D tuvo lugar en el Museo de Victoria y Alberto. La instalación fue llamada Industrial Revolution 2.0: How the Material World will Newly Materialise.

- *Biotecnología*

La tecnología de impresión 3D está siendo actualmente estudiada en el ámbito de la biotecnología, tanto académico como comercial, para su posible uso en la ingeniería de tejidos, donde órganos y partes del cuerpo son construidos usando técnicas similares a la inyección de tinta en impresión convencional. Capas de células vivas son depositadas sobre un medio de gel y superpuestas una sobre otra para formar estructuras tridimensionales. Algunos términos han sido usados para denominar a este campo de investigación, tales como impresión de órganos, bio-impresión e ingeniería de tejidos asistida por computadora, entre otros.

- *Arqueología*

El uso de tecnologías de escaneo 3D, permite la réplica de objetos reales sin el uso de procesos de moldeo, que en muchos casos pueden ser más caros, más difíciles y demasiado invasivos para ser llevados a cabo; en particular, con reliquias de alto valor cultural donde el contacto directo con sustancias de moldeo puede dañar la superficie del objeto original.

IMPRESIÓN POR CORTE DE LÁSER VS IMPRESIÓN CON IMPRESORA 3D.

El chasis del Skybot estaba completamente compuesto de piezas de metacrilato cortado por láser, a excepción de la rueda loca que era un elemento comercial, es decir, se compraba.

Uno de los objetivos del proyecto es que todo el chasis sea imprimible utilizando una impresora 3D.

¿Por qué se ha decidido esto? A continuación se muestran los puntos fuertes y flacos de hacer el chasis del robot utilizando piezas de metacrilato cortadas por laser en un taller ajeno o hacerlas con plástico ABS por medio de una impresora 3D:

IMPRESIÓN POR CORTE CON LÁSER:

1. VENTAJAS:

- Rapidez.
- Mejores acabados.
- No existe limitación en el tamaño máximo de la pieza.
- Con un simple plano se puede fabricar.

2. INCONVENIENTES:

- Mayor precio.
- Tiempo de entrega alto.
- Limitado a piezas planas.
- Dificultad de realizar correcciones sobre la pieza una vez fabricada.
- Mayor rigidez del material.
- No permite hacer un prototipado rápido e *in situ*.
- Mayor lentitud a la hora de implementar modificaciones en el diseño.

IMPRESIÓN UTILIZANDO IMPRESORAS 3D:

3. VENTAJAS:

- Bajo precio.
- Disponibilidad a cualquier hora.
- Se pueden imprimir piezas más complejas.

- Posibilidad de prototipado rápido e *in situ*.
- Ajustando los parámetros de impresión, se puede conseguir un grado de rigidez de material óptimo para la función de cada pieza.
- Posibilidades de hacer modificaciones en el diseño en tiempo real.
- Posibilidad de hacer modificaciones en la pieza por medio de aplicación de calor o por mecanizado.
- Open source.

-INCONVENIENTES:

- Hay que formarse previamente antes poder imprimir.
- El tiempo de impresión requerido por pieza es alto.
- Hay que hacer un diseño en 3D.
- El acabado final es menos elegante.
- Fallos en la impresora o en el material.
- El tamaño de las piezas está limitado a 9x9 cms.

Evaluyendo las ventajas e inconvenientes de cada método se opta por utilizar la impresión 3D para fabricar todo el chasis del robot por lo siguiente:

1. Versatilidad en el diseño: Traducido en que se puede hacer un diseño preliminar, imprimirlo y validarlo en una misma mañana, no hay que enviar el diseño al taller, y esperar un plazo de tiempo que dependiendo de la carga del trabajo del taller puede llegar a ser largo.
2. Piezas complejas: Se pueden imprimir piezas que no sean planas, es decir, se puede imprimir en los tres ejes, fusionando piezas entre sí, pudiendo hacer un chasis más robusto al prescindir de elementos de unión.
3. Coste: El coste del plástico ABS utilizado es bastante menor que el de las piezas de metacrilato cortadas por láser.
4. Open source: Este proyecto estará a disposición de todas las personas que quieran disponer de él, por lo que es un proyecto vivo, cada persona que lo utilice podrá aportar algún tipo de mejora o simplemente se podrá aprovechar del trabajo y del conocimiento de la Universidad.

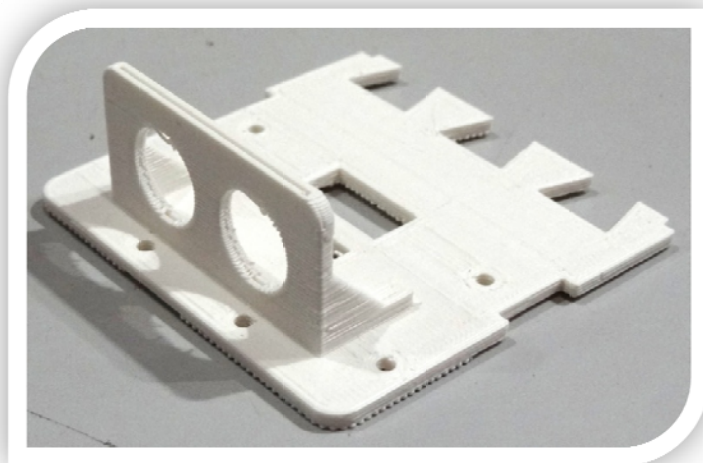


Figura 10: Imagen de la fusión de dos piezas en una sola. [Fuente: Elaboración propia]

SOFTWARE DE DISEÑO:

El software de diseño 3D que se seleccione para generar los modelos en tres dimensiones de cada una de las piezas que van a componer el chasis tiene que cumplir un requisito principal y es que los archivos generados se puedan exportar con la extensión .STL.

El porqué de esta premisa es porque el formato .STL es el formato con el que funciona el software que controla a la impresora 3D.

Se han barajado tres programas de diseño:

1. Open Scad:

Es una aplicación de software libre. No es un programa de diseño interactivo, sino más bien un compilador 3D, es decir, interpreta la información de la pieza en un script y muestra como resultado un modelo 3D renderizado. El interface de usuario es el que se muestra en la siguiente imagen:

Como se puede observar, es una interface sobria y sencilla y está más orientado a los usuarios que no tienen formación en otros programas de diseño 3D más complejos.

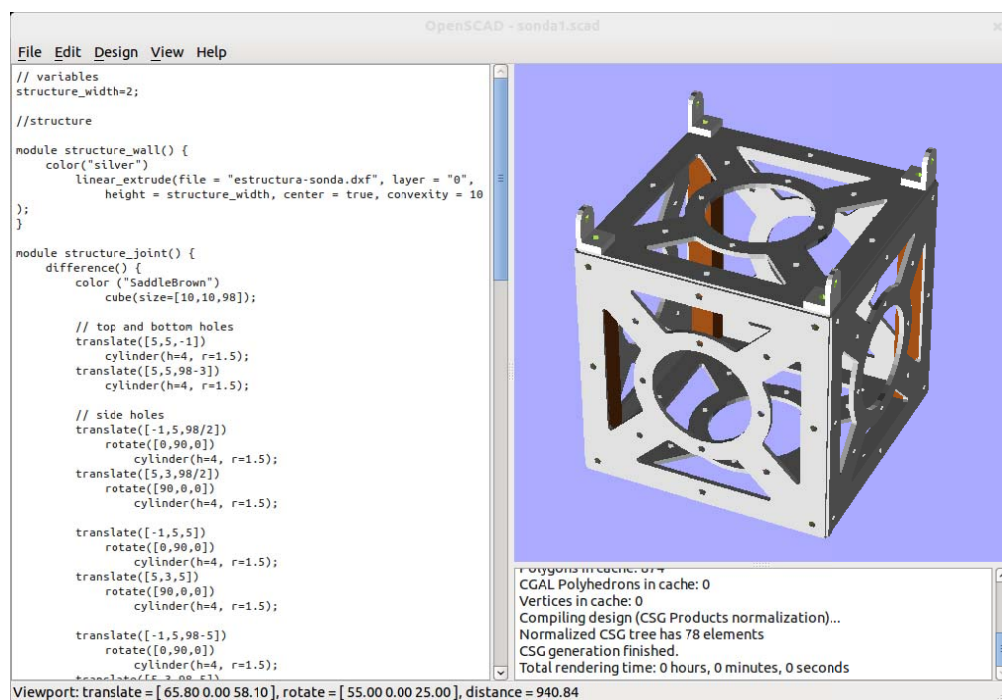


Figura 11: Captura de imagen de OpenScad. [Fuente: Elaboración propia]

2. FreeCad:

FreeCAD es una aplicación de software libre. Utiliza técnicas de modelado paramétrico y está provisto de una arquitectura de software modular, pudiendo añadir de forma sencilla funcionalidades sin tener que cambiar el núcleo del sistema. La siguiente imagen muestra el interfaz gráfico del FreeCAD:

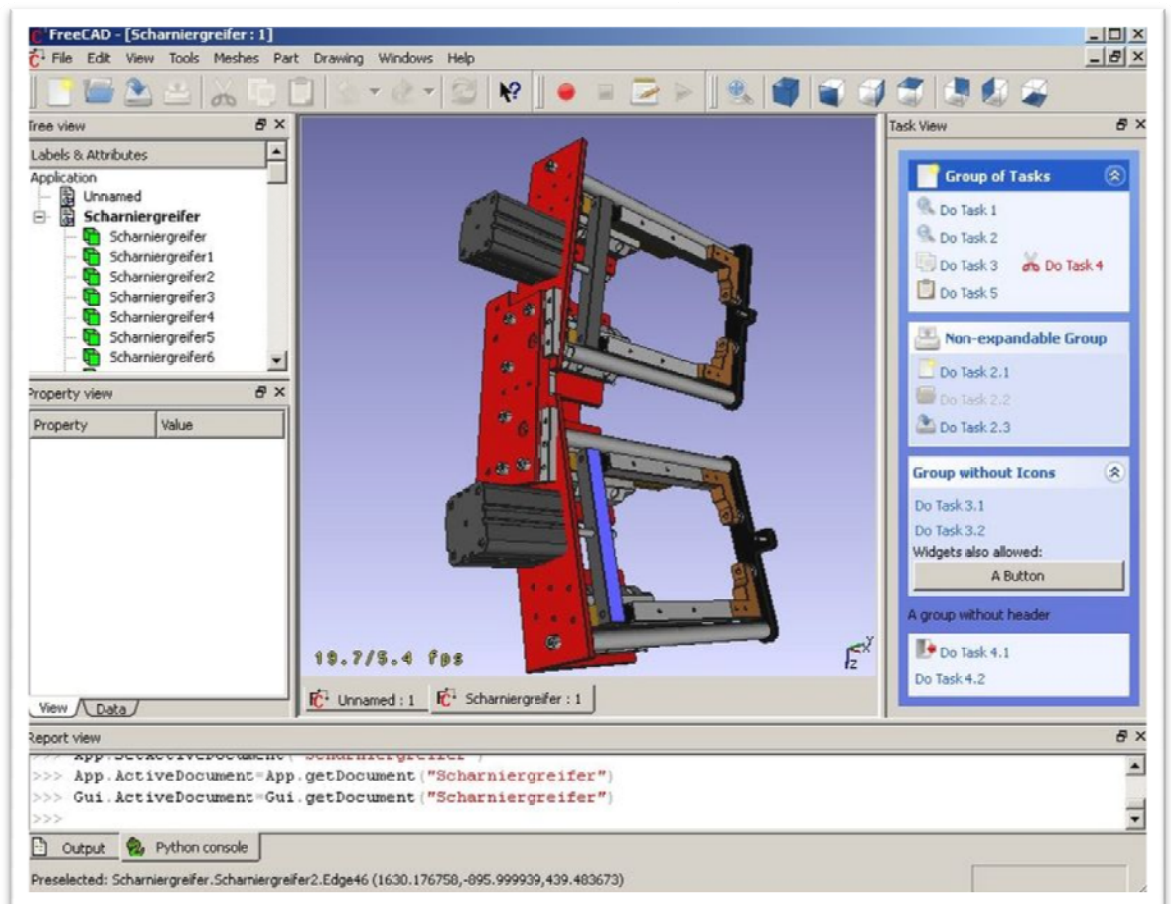


Figura 12: Captura de imagen de FreeCad. [Fuente: Elaboración propia]

3. Solid Edge:

No es una aplicación de software libre, sino que pertenece a Siemens AG aunque se pueden adquirir licencias para estudiantes gratuitas que si bien no poseen todos los módulos que tiene disponible la aplicación completa, sí permite una amplia gama de funcionalidades, suficientes para un diseño a nivel académico. Solid Edge es un programa parametrizado.

Tras hacer pruebas de diseño con los tres programas, finalmente se ha elegido Solid Edge en su versión V19 como software de diseño 3D. La principal razón a parte de la capacidad de generar archivos .STL es que en comparación con los otros dos softwares, Solid Edge es más potente, versátil, permite hacer modificaciones en el diseño más rápidamente y ofrece un módulo de conjunto que permite montar todas las piezas del chasis virtualmente. Además FreeCAD al ser una versión beta no era lo suficientemente estable para poder optar por ella.

La siguiente imagen se puede observar el interfaz de usuario de Solid Edge:

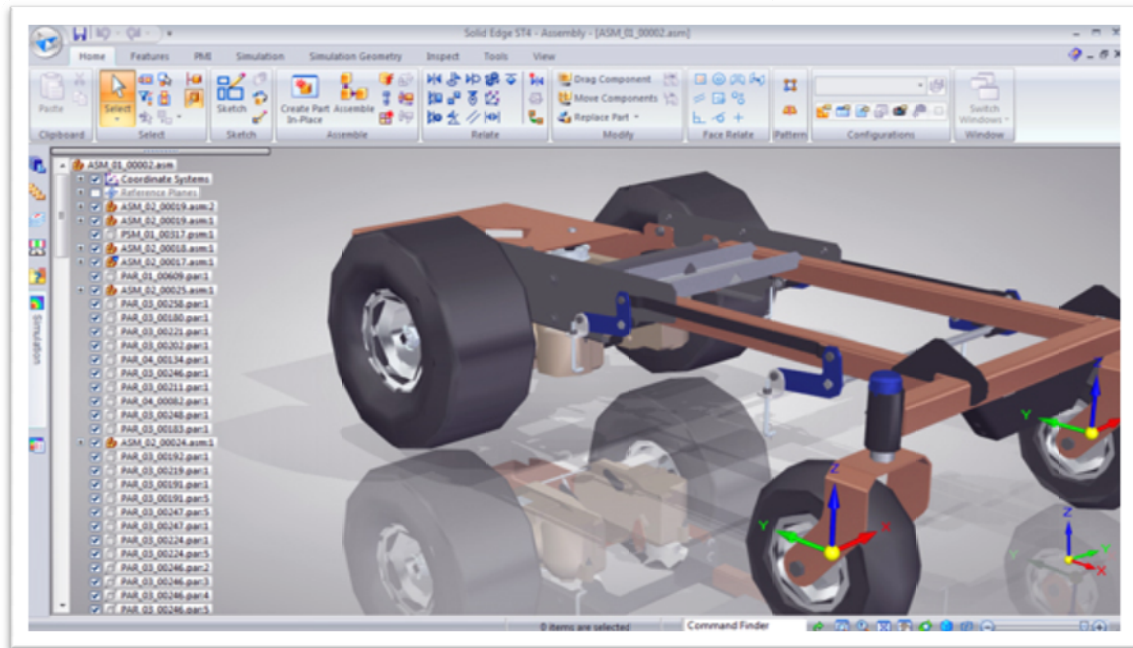


Figura 13: Captura de imagen de Solid Edge. [Fuente: Elaboración propia]

4. REPLICATOR G:

Es el software que maneja a la impresora 3D, también puede ser usado en otras aplicaciones del tipo CNC. Lleva instalado un controlador Arduino y utiliza un archivo .STL y lo procesa para generar otro archivo llamado GCode a partir del cual se imprimirá la pieza físicamente.

El archivo Gcode es un nombre genérico para referirse al lenguaje que controla las máquinas CNC. Es la manera de decirle a la máquina cómo moverse de un punto a otro y bajo qué parámetros (velocidad, distancia al plano de la pieza, ventilación, etc...). El interfaz de ReplicatorG es el siguiente:

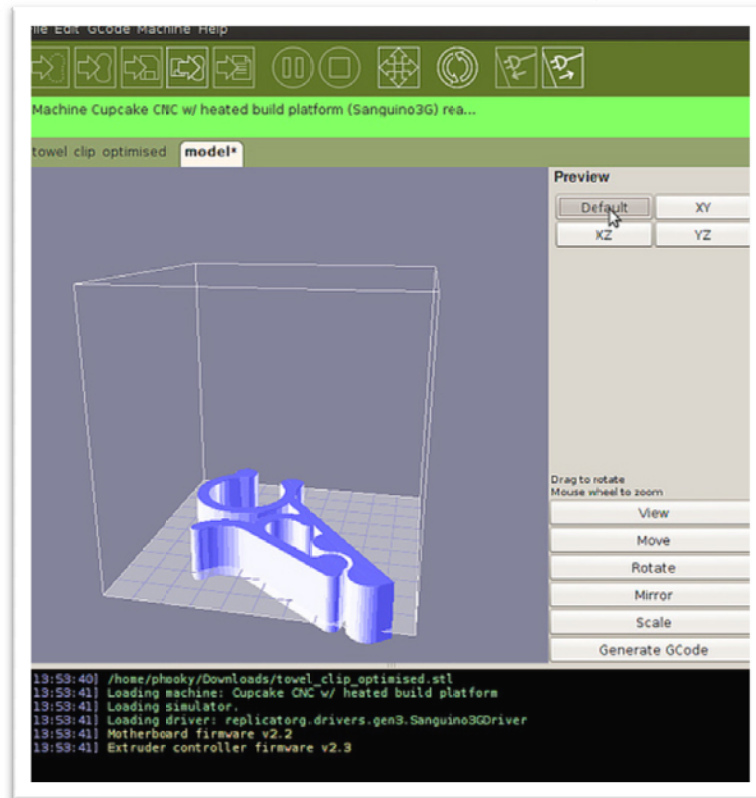


Figura 14: Captura de imagen de ReplicatorG. [Fuente: Elaboración propia]

CÓMO UTILIZAR LA IMPRESORA 3D.

El proceso de impresión de una pieza utilizando una impresora 3D es bastante sencillo, basta seguir los siguientes pasos:

1. La pieza que se quiera imprimir tiene que haber sido previamente diseñada con algún programa de diseño 3D y posteriormente guardado como .STL que es la extensión de los archivos con los que trabaja el software de la impresora 3D.
2. El siguiente paso es conectar la impresora, para ello pulsaremos el icono "Connect".

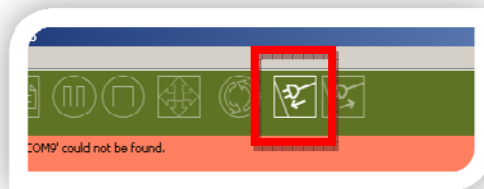


Figura 15: Ubicación del botón "Connect". [Fuente: Elaboración propia]

3. Una vez que se tiene la impresora conectada y la pieza a imprimir en formato .STL lo siguiente es abrirla con el software que use la impresora 3D. En nuestro caso dicho software es ReplicatorG. A continuación posicionar la pieza en la base virtual de la impresora pulsando los botones de "Center" y "Put on platform". De este modo tendremos bien apoyada en la base y centrada la pieza a imprimir. Este paso es bastante importante ya que si no se realiza, el modelo puede quedar por encima de la coordenada "Z" de la plataforma, provocando que la pieza se imprima mal, o el modelo puede quedar por debajo de la coordenada "Z" de la plataforma, provocando que el extrusor intente "atravesar" la base estropeando tanto la base como el extrusor.

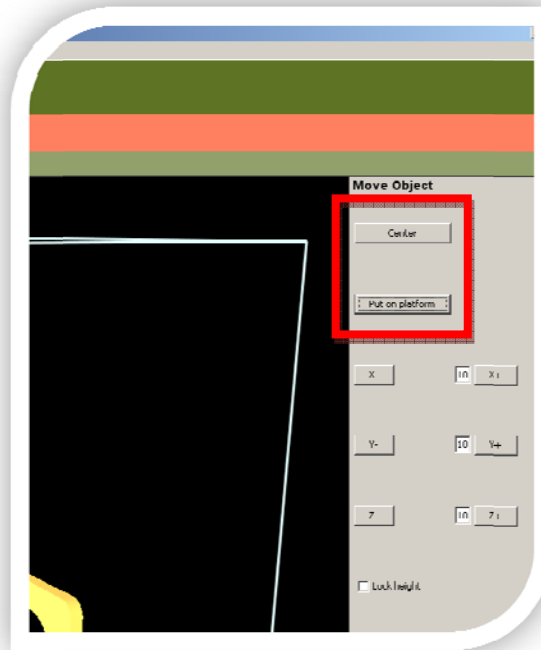


Figura 16: Ubicación de los botones “Center” y “Put on platform”. [Fuente: Elaboración propia]

4. El siguiente paso es compilar el modelo. En nuestro caso, el modelo una vez compilado crea un código que es el que interpreta la máquina llamado Gcode. Para compilar el modelo hay que pulsar el icono “Generate Gcode”.

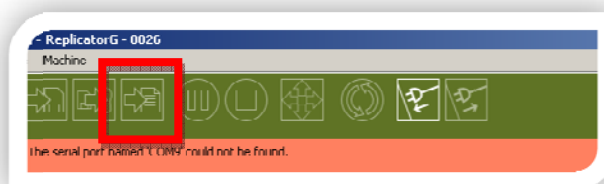


Figura 17: Ubicación del botón “Generate Gcode”. [Fuente: Elaboración propia]

5. A continuación hay que elegir el perfil del extrusor deseado y se pueden seleccionar varias opciones de impresión:

4. “Raft”, que consiste en aplicar una primera capa de plástico en la base, que se puede quitar tras la impresión, para evitar que la pieza se doble debido a la diferencia de temperaturas.
5. “Object Infill (%)”, este porcentaje indica lo sólido que va a ser nuestro modelo. Si ponemos 100% el objeto será macizo, a medida que bajamos el porcentaje, será menos denso y su estructura será reticular, más ligera, pero más frágil a la vez. Para las piezas del chasis no hemos pasado de un 35% de este valor, obteniendo piezas bastante resistentes.
6. “Feedrate (mm/s)”, este parámetro controla la velocidad de la impresión, a mayor velocidad, menor tiempo de impresión, pero peor calidad y definición de la pieza. Para las piezas del chasis, este valor siempre se ha encontrado entre 20 y 30.

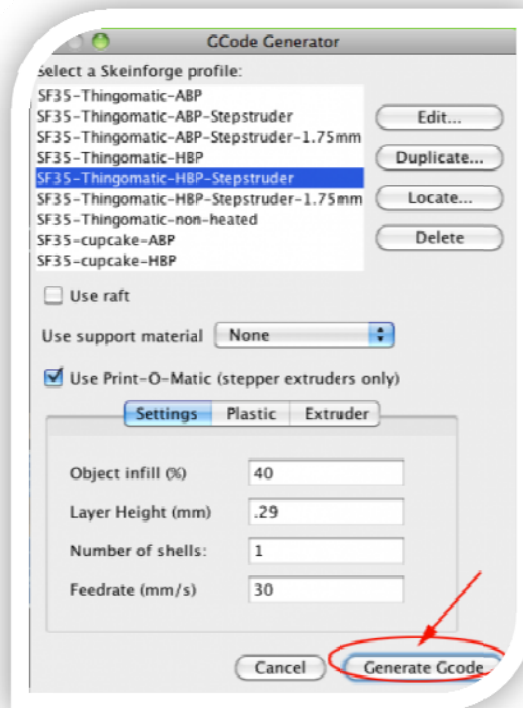
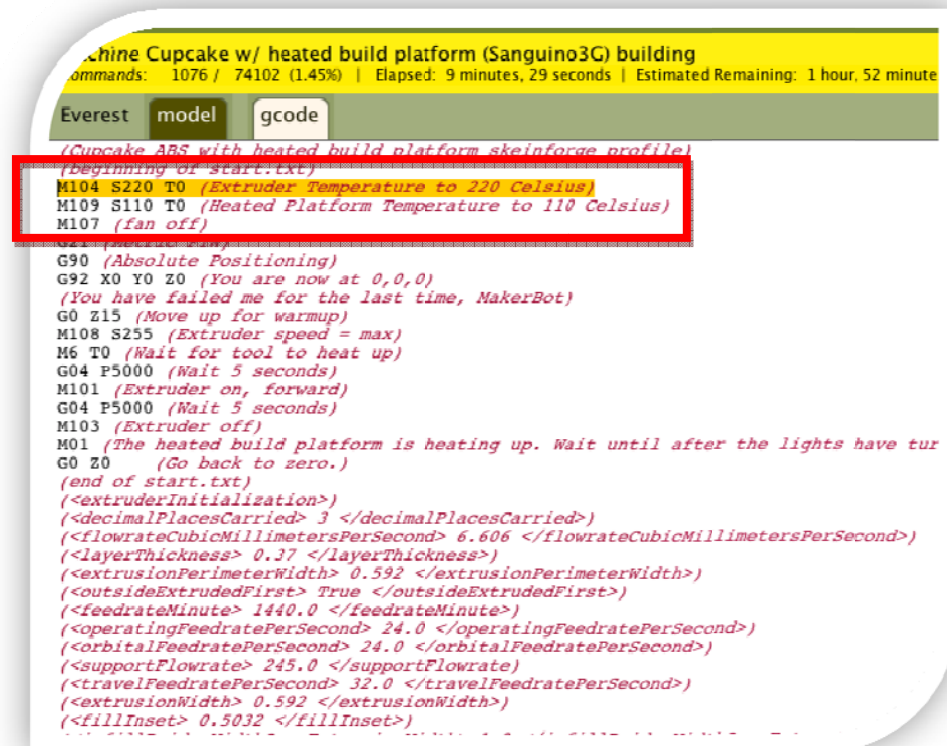


Figura 18: Menú con los principales parámetros de impresión. [Fuente: Elaboración propia]

6. Tras esperar un tiempo, se generará el Gcode y la pieza estará lista para imprimir pero antes hay que definir la temperatura del extrusor y la de la plataforma.



```
Machine Cupcake w/ heated build platform (Sanguino3G) building
Commands: 1076 / 74102 (1.45%) | Elapsed: 9 minutes, 29 seconds | Estimated Remaining: 1 hour, 52 minute

Everest  model  gcode

(Cupcake ABS with heated build platform skeinforge profile)
(beginning of start.txt)
M104 S220 T0 (Extruder Temperature to 220 Celsius)
M109 S110 T0 (Heated Platform Temperature to 110 Celsius)
M107 (fan off)
G90 (Absolute Positioning)
G92 X0 Y0 Z0 (You are now at 0,0,0)
(You have failed me for the last time, MakerBot)
G0 Z15 (Move up for warmup)
M108 S255 (Extruder speed = max)
M6 T0 (Wait for tool to heat up)
G04 P5000 (Wait 5 seconds)
M101 (Extruder on, forward)
G04 P5000 (Wait 5 seconds)
M103 (Extruder off)
M01 (The heated build platform is heating up. Wait until after the lights have tur
G0 Z0 (Go back to zero.)
(end of start.txt)
(<extruderInitialization>)
(<decimalPlacesCarried> 3 </decimalPlacesCarried>)
(<flowrateCubicMillimetersPerSecond> 6.606 </flowrateCubicMillimetersPerSecond>)
(<layerThickness> 0.37 </layerThickness>)
(<extrusionPerimeterWidth> 0.592 </extrusionPerimeterWidth>)
(<outsideExtrudedFirst> True </outsideExtrudedFirst>)
(<feedrateMinute> 1440.0 </feedrateMinute>)
(<operatingFeedratePerSecond> 24.0 </operatingFeedratePerSecond>)
(<orbitalFeedratePerSecond> 24.0 </orbitalFeedratePerSecond>)
(<supportFlowrate> 245.0 </supportFlowrate>)
(<travelFeedratePerSecond> 32.0 </travelFeedratePerSecond>)
(<extrusionWidth> 0.592 </extrusionWidth>)
(<fillInset> 0.5032 </fillInset>)
```

Figura 19: Líneas del Gcode donde se modifica la temperatura del cabezal (M104) y de la plataforma (M109). [Fuente: Elaboración propia]

En las líneas M104 y M109 , es donde se ajustan dichos parámetros , S220 es la temperatura del extrusor (entre 220 y 230°C) y S110 es la temperatura de la plataforma que suelen ser 120°C.

- Una vez realizados todos estos pasos, se puede pulsar el botón “Build” y la impresión comenzará una vez que se hayan alcanzado las temperaturas definidas para el extrusor y la plataforma. Hay que prestar especial atención al comienzo de la impresión, durante las primeras capas ya que puede haber problemas de calibración del extrusor, o capas no bien asentadas que pueden estropear la pieza o la impresora. Si se detecta alguno de estos problemas, parar la impresora lo antes posible.

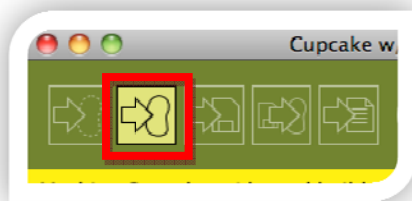


Figura 20: Imagen del botón “Build”. [Fuente: Elaboración propia]

MODIFICACIONES A REALIZAR:

El objetivo de este proyecto principalmente es el de modificar la estructura mecánica del Skybot para que sea más ligero, maniobrable, pueda alojar los nuevos sensores y que sea posible imprimirlo en su totalidad en cualquier impresora 3D. De este modo lo que se ha hecho ha sido estudiar el chasis antiguo, crear los modelos 3D utilizando el software de diseño, y a partir de ahí se han introducido mejoras en las piezas ya existentes o se ha realizado un diseño nuevo para las piezas que tenían relación con los nuevos sensores que se han introducido en el robot (dos sensores de ultrasonidos y otros dos sensores extras de infrarrojos). Así, las principales modificaciones que han hecho son las siguientes:

1. BASE.

En el Skybot la base es una base de una única pieza de 157mm de largo, 80mm de ancho y 3mm de espesor.

En esta nueva versión, debido a que las impresoras 3D de la Universidad tienen una base de 90 x 90 mm, tenemos que dividir la base en dos partes para que se pueda imprimir. La solución que se ha adoptado es dividir la base por la zona donde no interfiera con ranuras para cables o taladros y en vez de realizar un corte recto se ha optado por un corte en forma de cola de milano que proporciona una mayor rigidez a la base.

En las siguientes figuras se pueden apreciar las diferencias entre la base primitiva y su evolución:

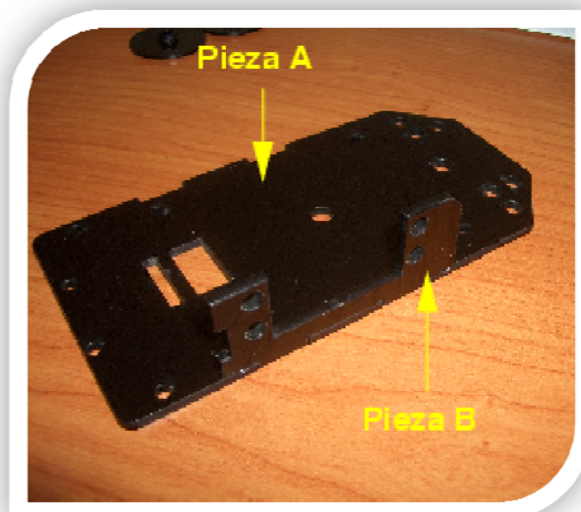


Figura 21: Imagen de la base del anterior Skybot, de una pieza. [Fuente: www.learobotics.com]

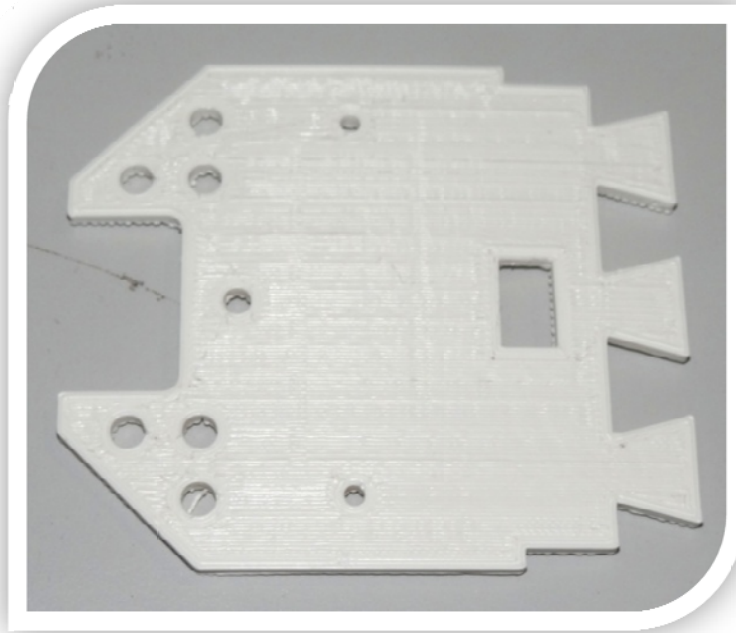


Figura 22: Imagen de la base trasera del nuevo Skybot. [Fuente: Elaboración propia.]

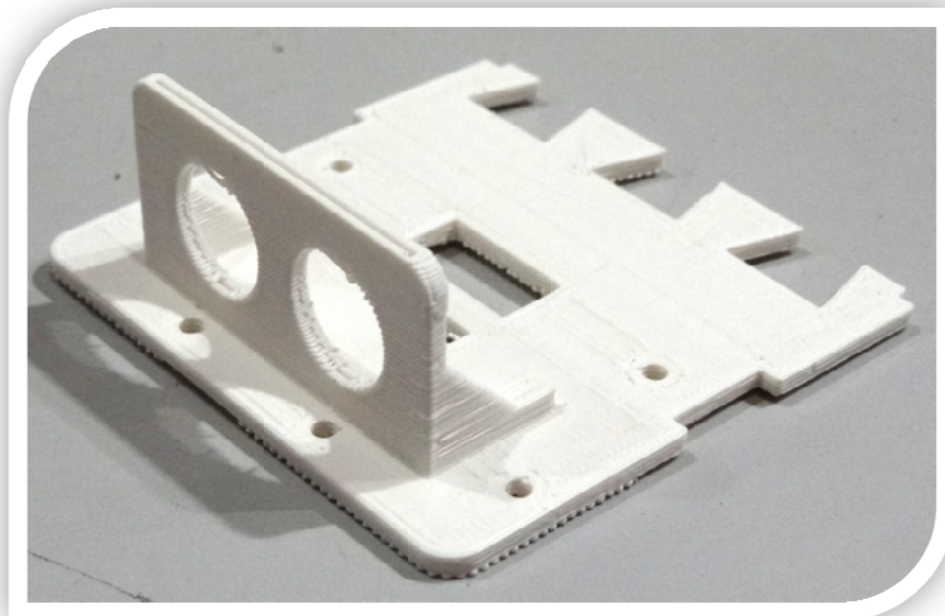


Figura 23: Imagen de la base delantera del nuevo Skybot. [Fuente: Elaboración propia.]

Aunque las dos partes que conforman la nueva base encajan a la perfección, para asegurar una mejor rigidez del conjunto, conviene aplicar adhesivo a lo largo de la cola de milano para que la fijación sea aún mejor.

Además, en la parte delantera, que es donde van alojados los bumpers, se ha integrado un soporte para los nuevos sensores de ultrasonidos que va a llevar instalados el robot para a la vez, hacer más rígido el chasis al reducir el número de piezas que lo compone, y más ligero al no necesitar elementos de unión para unir las dos piezas, tales como tornillos, tuercas y arandelas.

Además se ha agrandado la ranura pasa cables, ya que era un poco estrecha y ahora el número de cables ha aumentado debido a los nuevos sensores que se instalan.

También se han modificado los taladros donde van a ir las tarjetas instaladas ya que son ligeramente distintas a las que tiene el Skybot.

En la parte trasera, donde va alojada la rueda loca, se ha agrandado las ranuras pasa cables y se ha recortado la parte cercana a la rueda loca con el objetivo de aligerar la pieza ya que en esa zona se puede prescindir de material, las siguientes figuras ilustran mejor los cambios:

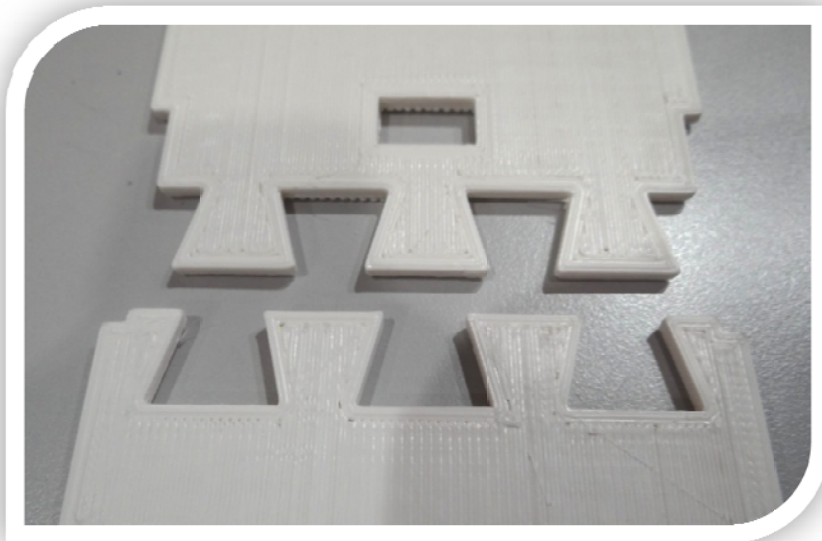
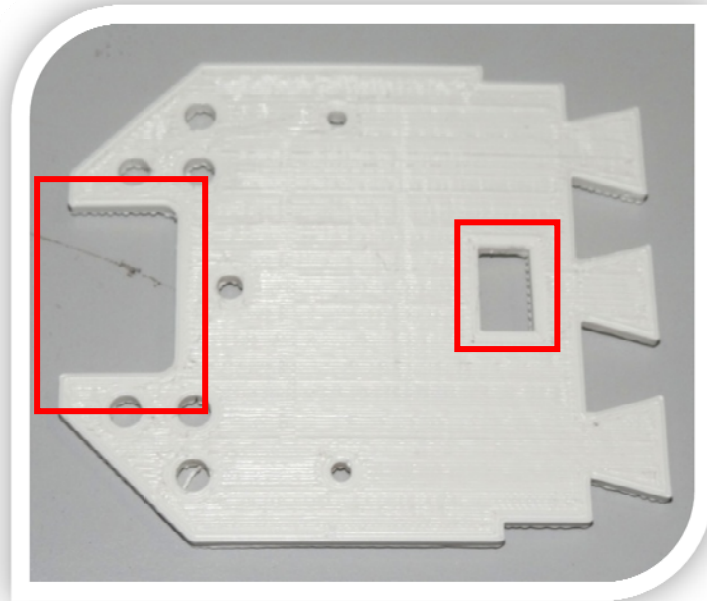


Figura 24: Detalle de la unión de las dos partes que componen la base y ranura pasacables. [Fuente: Elaboración propia.]



*Figura 25: Vaciado en la zona de la rueda loca y ranura pasacables más amplia.
[Fuente: Elaboración propia.]*

2. FRONTAL:

El frontal del Skybot posee unos taladros y unas ranuras para que el cableado proveniente de los bumpers y de los sensores infrarrojos llegue hasta las tarjetas. También posee una zona plana donde se apoyan los sensores de infrarrojos, según se puede ver en la siguiente imagen:

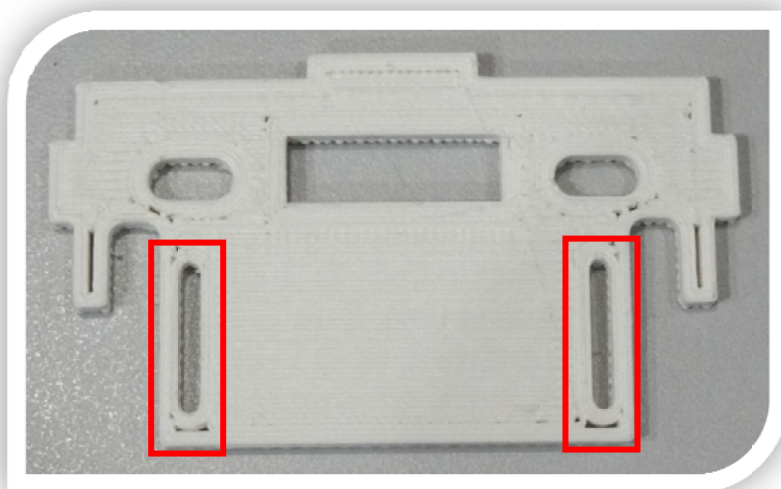


Figura 26: Imagen del frontal del nuevo Skybot, se aprecian los carriles para regular la distancia al suelo de los sensores infrarrojos. [Fuente: Elaboración propia.]

El nuevo frontal que se ha diseñado tiene los taladros oblongos para que pasen mejor los cables y ranuras más grandes para que el cableado pase sin problemas a través de la pieza en su camino a las tarjetas y a su vez aligerarlo.

Además se ha hecho más alto ya que la distancia que debe existir entre los sensores de infrarrojos y el suelo es de 2mm como mínimo, aunque esa distancia puede variar en función de la luminosidad de entorno, por lo que en vez de unos taladros para que la distancia sea fija, se han hecho unos carriles para adaptar la distancia de los sensores al suelo a las condiciones lumínicas del entorno en cada momento.

En la siguiente imagen se puede apreciar cómo era el diseño del nuevo frontal antes de tener que regular la distancia de los sensores de infrarrojos al suelo:



Figura 27: Imagen de un diseño previo de frontal sin los carriles. [Fuente: Elaboración propia.]

Se puede apreciar que era una pieza bastante más ligera y en vez de un carril, dos taladros fijos para sujetar a la pieza omega que fija los sensores de infrarrojos.

La pieza frontal del anterior Skybot es la siguiente:

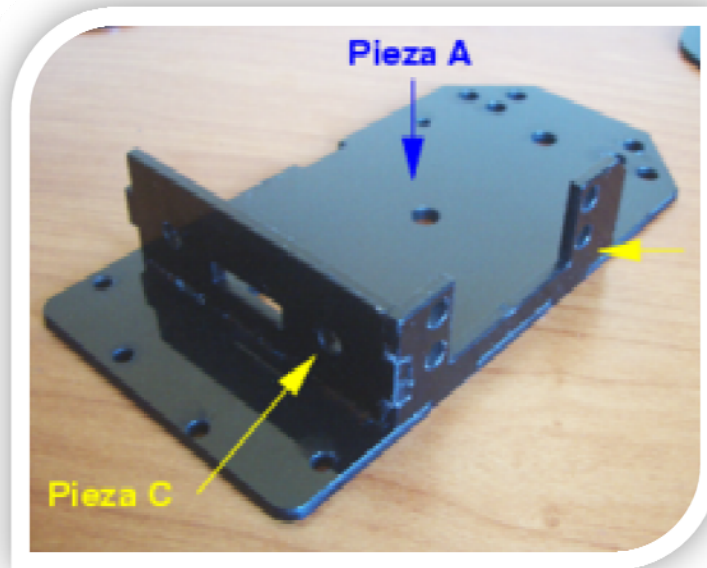


Figura 28: Imagen del antiguo Skybot donde se aprecian los laterales (A) y el frontal antiguo (C). [Fuente: Elaboración propia.]

Se puede observar cómo el antiguo frontal no poseía ningún alojamiento para los sensores infrarrojos, ya que se fijaban por medio de un velcro. De este modo, no se podía regular la distancia entre el suelo y el sensor y la fijación en la posición correcta del sensor tampoco era la óptima.

3. LATERALES:

Estas piezas que son las que alojan a los servomotores Futaba.

Respecto al Skybot el rediseño ha consistido en aligerar esta pieza realizándose unos recortes en determinadas zonas para facilitar el montaje del conjunto y al haber reducido el material, se reduce además el tiempo de impresión, que como veremos en el capítulo de costes, es el apartado más caro.

Debido a que los servomotores son los mismos tanto para el antiguo como para el nuevo Skybot, no había mucho margen de maniobra a la hora de realizar un rediseño en esta parte concreta del chasis.

En las siguientes figuras se pueden apreciar las modificaciones:

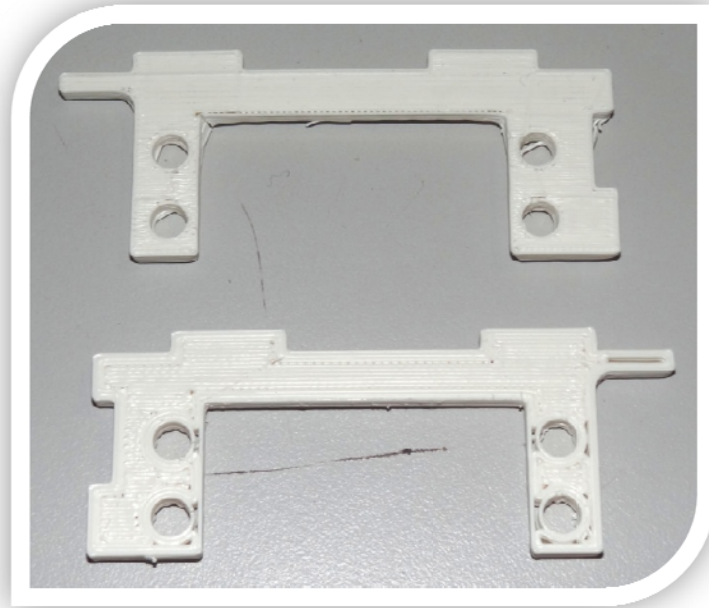


Figura 29: Imagen de los nuevos laterales del Skybot. [Fuente: Elaboración propia.]

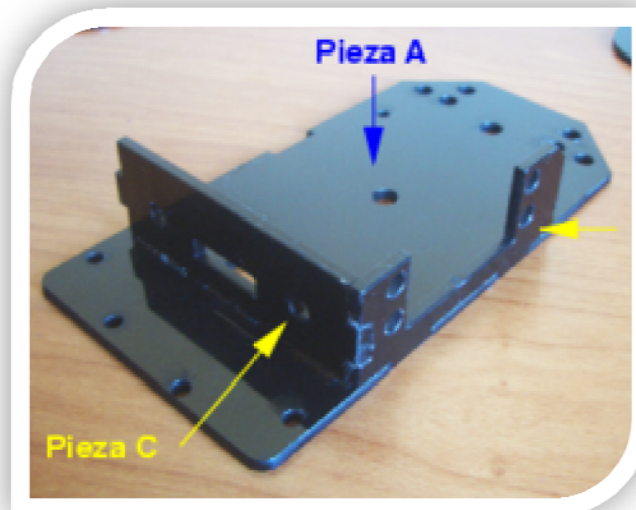


Figura 30: Imagen del antiguo Skybot donde se aprecian los laterales (A) y el frontal antiguo (C). [Fuente: Elaboración propia.]

4. RUEDAS MOTRICES:

El diseño de las ruedas se ha cambiado totalmente, manteniendo únicamente el diámetro.

En vez de ser totalmente macizas se han diseñado con unos vaciados que aparte de aligerar la rueda aportan un toque estético y reducen el tiempo de impresión necesario. En la siguiente figura se aprecian los dos tipos de ruedas:



Figura 31: Imagen de la nueva rueda. [Fuente: Elaboración propia.]



Figura 32: Imagen de las ruedas antiguas. [Fuente: Elaboración propia.]

5. RUEDA LOCA:

En el anterior Skybot la rueda loca era un elemento comercial que se adquiría en cualquier ferretería. Como uno de los objetivos de este proyecto es que todo el chasis del robot sea imprimible utilizando impresoras 3D ha habido que diseñar dos piezas nuevas, además, las anteriores ruedas locas eran de acero y bastante pesadas, por lo que la diferencia de peso en este caso es bastante importante.

Una de las piezas es una rueda simple y la otra es una pieza con forma de “L” que sirve para unir la base y la rueda.

A la hora de llevar a cabo el diseño de estas piezas ha sido muy importante tener en cuenta la altura del conjunto para que los tres puntos de apoyo, las dos ruedas motrices y la rueda loca, sean equidistantes al suelo y el robot apoye bien sobre los tres puntos y evitar que el robot cabecee hacia arriba o hacia abajo.

Si las ruedas motrices están más altas que la rueda loca el robot “mirará” hacia el cielo, en caso contrario, el robot “mirará” hacia el suelo. Esto se traduciría en un mal funcionamiento de los sensores de ultrasonidos e infrarrojos.

En las siguientes figuras se puede apreciar el diseño del conjunto de la rueda loca:



Figura 33: Imagen del conjunto de rueda loca del nuevo Skybot. [Fuente: Elaboración propia.]

Posteriormente y debido a que un porcentaje muy alto de las piezas que se imprimían acababan rompiéndose por las cartelas cuando se apretaba el eje de la rueda loca, se hizo un rediseño para aumentar la fiabilidad de la pieza.

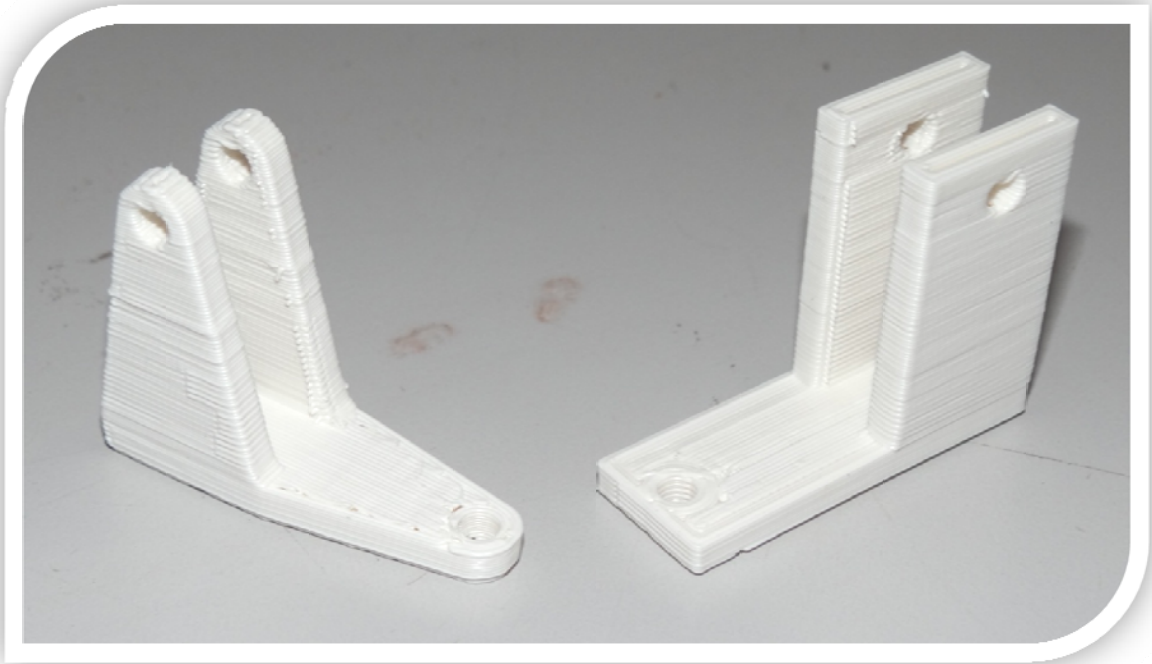


Figura 34: Imagen del primer diseño de bastidor (derecha) y del segundo diseño (izquierda). [Fuente: Elaboración propia.]

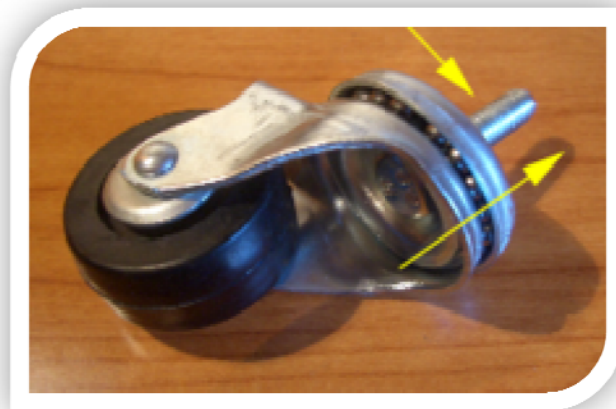


Figura 35: Imagen del conjunto de rueda loca del antiguo Skybot. [Fuente: Elaboración propia.]

6. OMEGA PARA SENSORES INFRARROJOS:

Para sujetar los sensores infrarrojos al frontal se ha diseñado una pieza nueva con forma de omega para la distancia de los sensores infrarrojos al suelo en función de las condiciones de luminosidad del entorno. El diseño lo más ajustado posible de esta pieza es importante ya que si los sensores no van bien sujetos, el funcionamiento podría verse afectado negativamente.

En la siguiente figura se muestra la pieza:

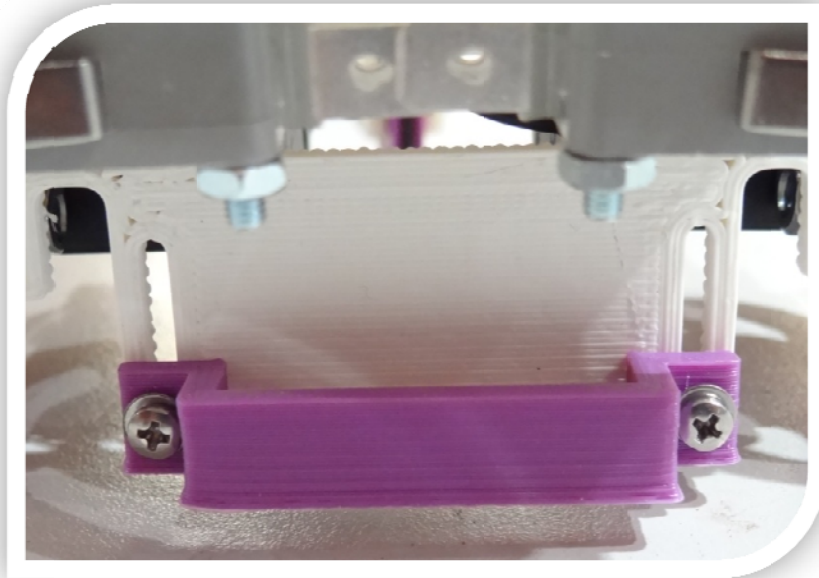


Figura 36: Imagen de la omega que fija los infrarrojos ya en su posición (en morado). [Fuente: Elaboración propia.]

PROCESO DE FABRICACIÓN:

En este capítulo se va a ilustrar qué posición de impresión dentro de la plataforma es la mejor para cada pieza y cuáles son los parámetros óptimos de impresión para cada pieza.

Dependiendo de la forma, tamaño y las solicitaciones a las que se va a ver sometida cada pieza, tanto los parámetros de impresión como la manera en la que se va a imprimir cada pieza varía.

En cuanto a cómo elegir la mejor posición de una pieza para imprimirla, hay que tener en cuenta principalmente dos factores:

1. **Existencia de taladros:** La impresora sólo realiza taladros con un acabado correcto cuando dicho taladro se encuentra sobre el plano XY por lo que habrá que intentar que los taladros de las piezas o al menos el mayor número posible de ellos se encuentre en el plano XY.
2. **Forma de la pieza:** Dependiendo de la forma de la pieza, no todas las piezas se pueden imprimir en cualquier posición. Hay piezas que poseen huecos, o pliegues múltiples que sólo es posibles imprimirlas en una determinada posición.

Además de estos dos factores principales, hay otros relacionados con el acabado de la pieza o zonas sensibles al pandeo por enfriamiento, que hay que tener en cuenta a la hora de elegir en qué posición se imprime una pieza. Por experiencia, la zona más interior de la impresora es donde menor variación de temperatura se da, por lo que las zonas más delicadas de las piezas deberán situarse lo más cerca posible del interior de la impresora.

Normalmente tras la primera impresión de una pieza ya se puede saber si se está imprimiendo o no en la posición óptima y corregir dicha posición para futuras impresiones.

En lo referente a los parámetros de impresión, hay una variedad muy extensa, pudiéndose personalizar multitud de parámetros, pero los más importantes son los siguientes:

1. **Raft:** El raft consiste en una capa de plástico que se imprime al comienzo de la impresión que sirve para que la pieza se agarre bien a la base ya que hay veces, especialmente si la pieza es muy extensa, que por diferencias de temperaturas en la plataforma o por culpa del extrusor, que las primeras capas se estropean. Tras la impresión, esta capa se quita de la pieza.

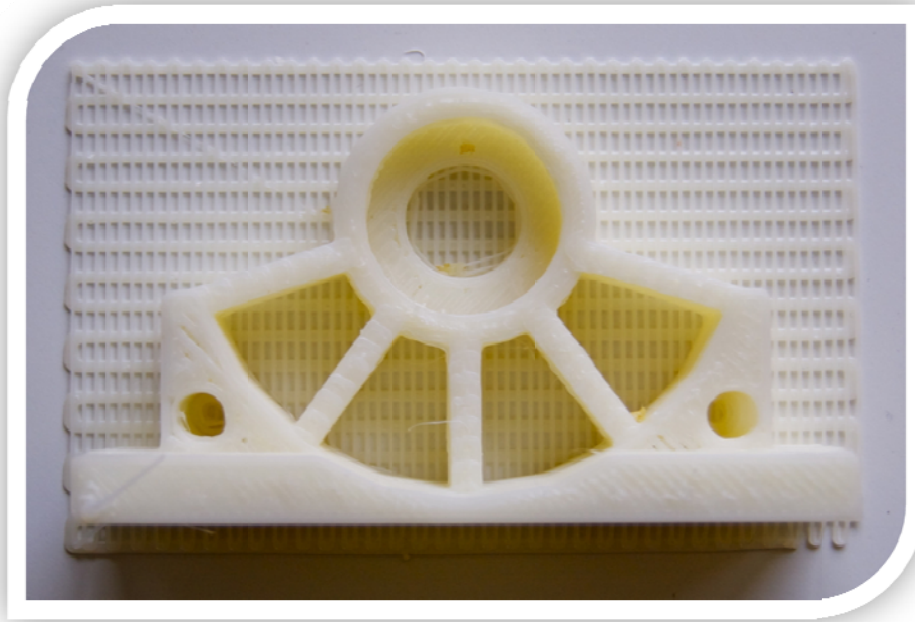


Figura 37: Ejemplo de pieza impresa con raft. [Fuente: www.jeelabs.org]

2. **Infill**: Este parámetro determina cuán sólida va a ser la pieza. Dependiendo de las solicitaciones a las que vaya a someterse la pieza, se podrá hacer más o menos sólida. En el chasis del Skybot, la base, que es la pieza que más solicitada va a estar, posee un infill de un 30%. Esto quiere decir que no hace falta poner un infill de un 100% si queremos una pieza muy rígida, ya que con valores de alrededor un 30% es suficiente. Valores por encima, lo que hacen es alargar exageradamente el tiempo de impresión.
3. **Feedrate**: Este parámetro medido en mm/seg mide la velocidad a la que extruye plástico el extrusor. Este parámetro es muy crítico ya que cuanto mayor sea, menor va a ser el tiempo de impresión, pero también mayor es el riesgo de que la impresión salga defectuosa. Es por eso, que a base de ensayos se consiga un equilibrio entre la velocidad de impresión y que la impresión sea correcta. Si la pieza a imprimir no necesita un acabado muy bueno, se puede utilizar el máximo feedrate que permita el extrusor que se utilice para ahorrar tiempo.
4. **Multiply**: Esta opción permite imprimir a la vez más de una copia de la pieza que queramos fabricar, siempre y cuando entren en la plataforma. Es un parámetro muy útil ya que ahorra tiempo de impresión y permite al operario menor tiempo dedicado a cada pieza. El único pero que tiene es que al irse imprimiendo las piezas por partes, ya que el cabezal salta de una pieza a otra, se pueden dar saltos de temperatura que rompan la pieza.

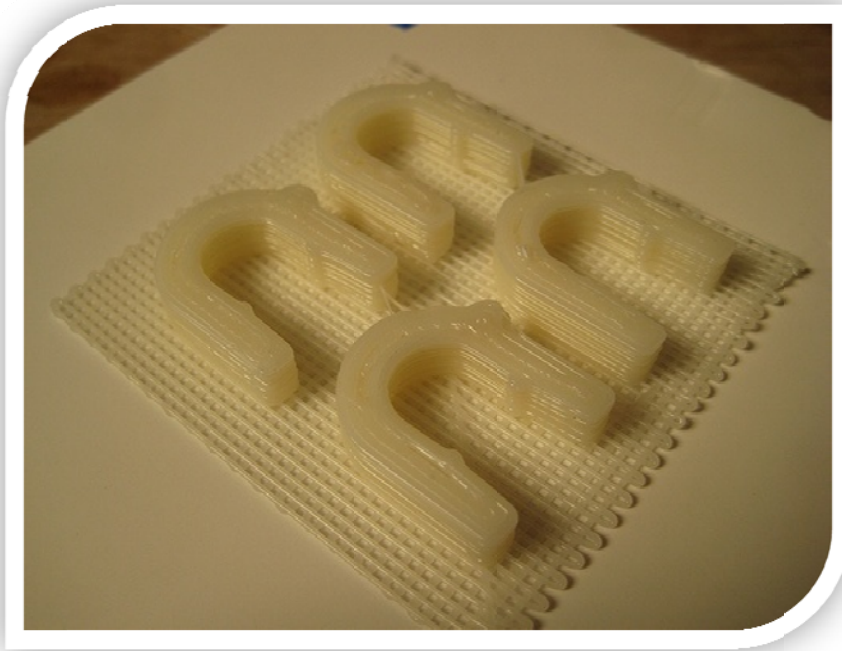


Figura 38: Ejemplo de pieza impresa con raft y multiply . [Fuente: www.jeelabs.org]

A continuación se van a detallar los parámetros de impresión y la posición óptima de impresión de todas las piezas que conforman el Skybot. Estos parámetros se han ido refinando tras las numerosas impresiones que se ha realizado para cada pieza en cuestión.

- **Base.**

Las dos piezas que conforman la base van a ser las que van a estar solicitadas a mayor número y más diversos esfuerzos, ya que va a ser el soporte principal de chasis.

Es por esto por lo que queremos que las piezas sean rígidas, es decir, su infill sea elevado.

Tengan un buen acabado, es decir, su feedrate sea baja

Sean lo más planas posibles para que todos los componentes encajen bien en ella, es decir, es necesario utilizar raft para que se adhiera bien a la plataforma de la impresora.

A continuación se resumen en una tabla los parámetros de impresión utilizados:

Parámetro	Valor
Infill	30%
Feedrate	18 mm/s
Raft	SI
Multiply	NO

Tabla 1: Parámetros de impresión de las bases. [Fuente: Elaboración propia.]

La posición de la parte delantera de la base en la plataforma de la impresora es la siguiente:

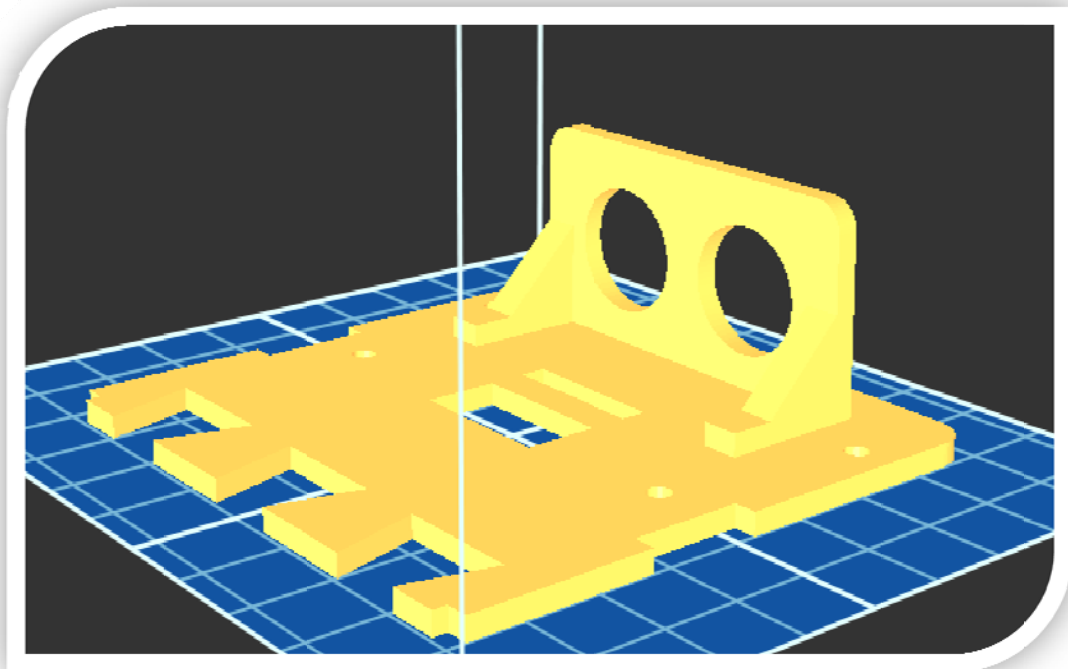


Figura 39: Posición de impresión de la base delantera. [Fuente: Elaboración propia.]

Donde la parte de los sensores de ultrasonidos, tiene que encontrarse en la parte más interna de la impresora, ya que es la zona que más tiempo va a estar imprimiéndose, y se ha comprobado que si se pone al revés, es decir, en la parte más externa de la base de la impresora, hay ocasiones en las que se parte por pérdida de temperatura de la pieza.

Nótese que aunque para esta pieza en concreto lo ideal habría sido colocar los taladros donde van alojados los sensores de ultrasonidos en el plano XY, para que queden lo mejor posible, no se puede hacer debido a la geometría general de la pieza.

También se puede observar que la pieza ocupa casi toda el área de impresión (área a cuadros azul) por lo que el uso del raft es obligatorio, ya que siempre que se ha querido imprimir esta pieza sin él, se combaba por los extremos.

La posición de la parte trasera de la base en la plataforma de la impresora es la siguiente:

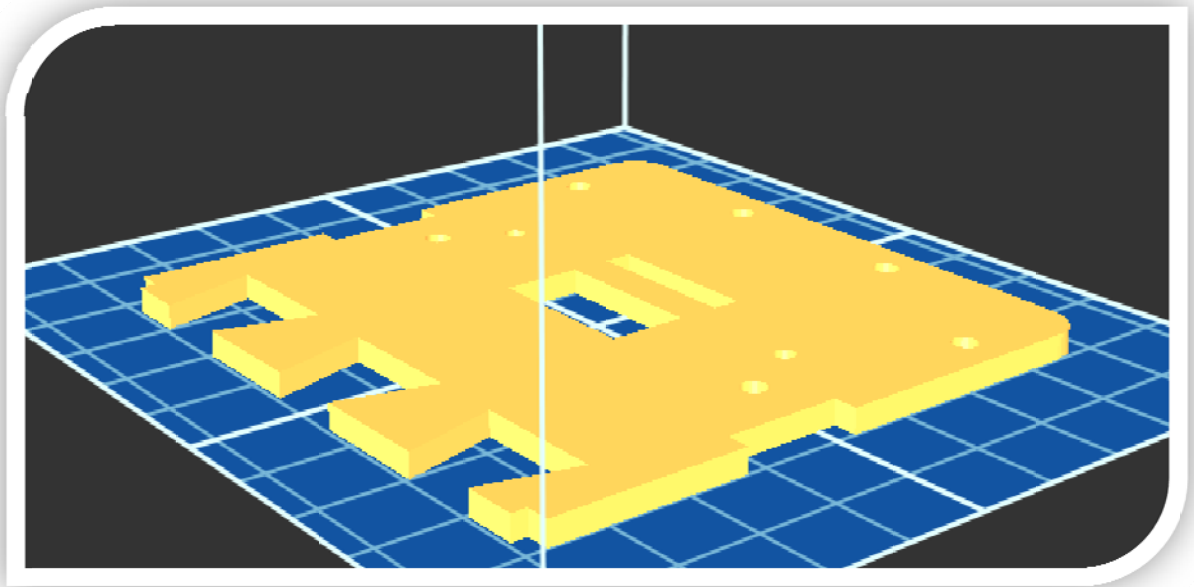


Figura 40: Posición de impresión de la base delantera. [Fuente: Elaboración propia.]

En este caso, la orientación de la pieza no es tan determinante como con la base delantera.

También es obligatorio el uso de raft para evitar que se combe por los extremos debido a que el tamaño de la pieza es bastante grande.

- **Frontal.**

De cara al diseño, lo más importante que debe tener esta pieza es que sea lo más plana posible para que los sensores de infrarrojos puedan apoyar lo mejor posible sobre la pieza y así su funcionamiento sea óptimo.

Además otra parte que tiene que estar fabricada con cierta calidad son los raíles donde irán los tornillos que fijen la omega de infrarrojos, ya que deben permitir una buena fijación para que los sensores se puedan ajustar a la altura deseada.

Por ello, hay que utilizar raft a la hora de imprimir esta pieza para evitar que se combe y sea lo más plana posible.

También el feedrate debe ser bajo para que el acabado de los carriles sea aceptable y no tenga irregularidades.

En cuanto al infill, no es necesario que tenga un valor alto porque la única sollicitación que va a tener es la de soportar los sensores de ultrasonidos y son bastante ligeros.

Debido al tamaño de la pieza no se puede utilizar el parámetro multiply para imprimir dos piezas a la vez.

A continuación se resumen en una tabla los parámetros de impresión utilizados:

Parámetro	Valor
Infill	20%
Feedrate	15 mm/s
Raft	SI
Multiply	NO

Tabla 2: Parámetros de impresión del frontal. [Fuente: Elaboración propia.]

En lo referente a cómo posicionar la pieza de cara a la impresión, hay que colocar en la parte más interna de la pieza la zona inferior, que contiene los carriles y la zona donde van a apoyar los sensores infrarrojos, ya que como se ha comentado anteriormente, nos interesa que sufra la menor variación de temperatura posible de cara a evitar pandeos indeseados.

La siguiente figura muestra como se posicionaría el frontal a la hora de imprimir (la cara de la derecha es la parte más interna de la impresora):

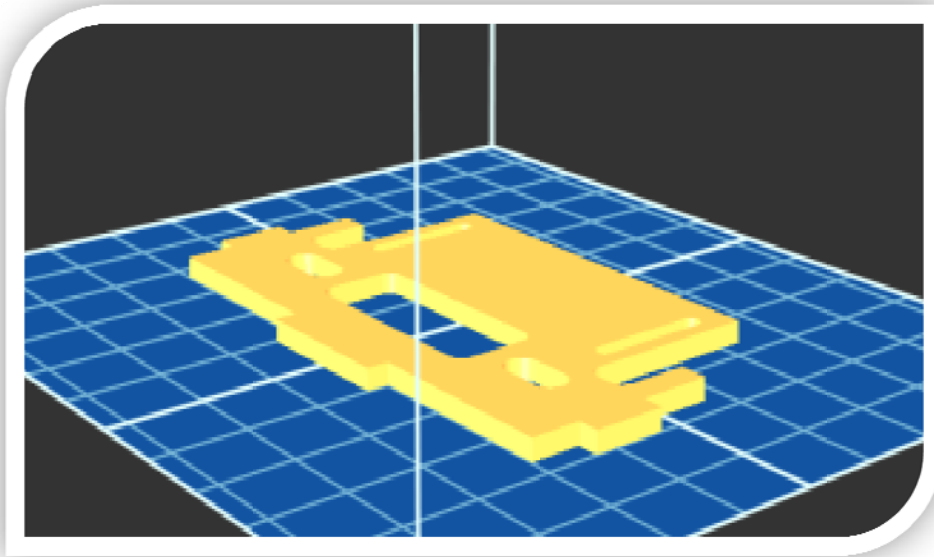


Figura 41: Posición de impresión del frontal. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Bastidor de la rueda loca.**

Esta pieza junto con las bases es la más difícil a la hora de ajustar parámetros de impresión ya que por un lado necesitamos que sea rígida ya que va a estar continuamente girando y sometida a tracciones y compresiones en la zona del anclaje a la base y por otro lado, en la zona donde va el eje de la rueda loca necesitamos cierta flexibilidad para poder conseguir una unión firme.

De este modo no podemos poner un valor muy elevado de infill porque de lo contrario se produce rotura en las cartelas que alojan el eje. Tampoco muy bajo porque si no la pieza no aguantaría los esfuerzos a los que está sometido.

En cuanto a la velocidad de impresión (feedrate), conviene que sea baja para que la pieza esté lo más asentada posible.

En lo referente a raft, no es obligatorio utilizarlo ya que la cara que apoya sobre la base de impresión no es crítica, de cara a que tenga una planicidad determinada. Además el tamaño de la pieza no es grande por lo que las posibilidades de que pandee son menores.

Sí se puede utilizar el parámetro multiply para poder imprimir varios bastidores a la vez. Tras las pruebas realizadas se pueden imprimir seis a la vez con calidades aceptables. Eso sí, si se activa multiply, hay que activar también raft.

A continuación se resumen en una tabla los parámetros de impresión utilizados:

Parámetro	Valor
Infill	25%
Feedrate	15 mm/s
Raft	SI
Multiply	SI

Tabla 3: Parámetros de impresión del bastidor de la rueda loca. [Fuente: Elaboración propia.]

La siguiente figura muestra como se posicionaría el bastidor de la rueda loca a la hora de imprimir (la cara de la derecha es la parte más interna de la impresora):

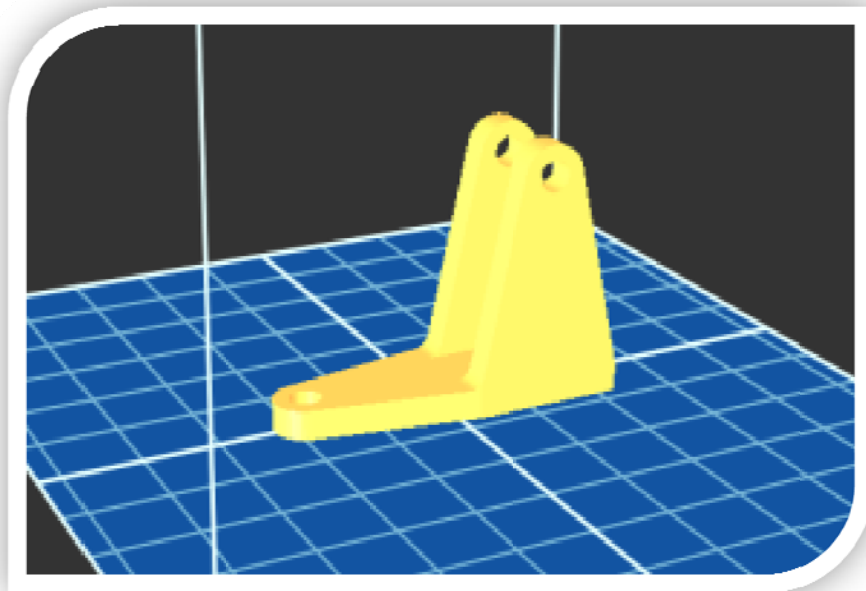


Figura 42: Posición de impresión del bastidor de la rueda loca. [Fuente: Elaboración propia.]

La posición que se muestra en la figura es la mejor para que la pieza se pueda imprimir con el mejor acabado aunque las cartelas si la velocidad de impresión no es baja se debilitan.

También se puede imprimir 90º rotada respecto la imagen mostrada pero de este modo los tres taladros no estarían en el plano XY y el contorno no queda muy definido.

- **Lateral.**

La misión de los laterales es la de portar los servomotores futaba y la de dar rigidez al chasis completando la estructura.

Por ello es muy importante que la pieza sea consistente, es decir, el valor de infill será el mayor posible y que sus caras sean lo más planas posibles para que los servomotores puedan apoyar bien sobre la pieza. Es por eso por lo que conviene activar el raft a la hora de imprimir esta pieza.

En cuanto al feedrate, debido a que la pieza no tiene un tamaño grande y su grosor tampoco lo es, no hace falta que la velocidad de impresión sea baja, se puede elevar para que se pueda reducir el tiempo de impresión.

En este caso sí que hay que activar el raft ya que los laterales poseen en el extremo un saliente delgado que se comba si no se utiliza el raft. Si dicho saliente se comba, no se puede realizar el montaje correcto del chasis del Skybot. Además como se ha dicho anteriormente, interesa que las caras de los laterales sean lo más planas posibles para que el apoyo de los servos sea lo mejor posible.

Para el lateral sí que se puede aplicar la opción de multiply. Se pueden imprimir los dos laterales del chasis de una vez, reduciendo sensiblemente el tiempo de impresión.

A continuación se resumen en una tabla los parámetros de impresión utilizados:

Parámetro	Valor
Infill	30%
Feedrate	20 mm/s
Raft	SI
Multiply	SI

Tabla 4: Parámetros de impresión del lateral. [Fuente: Elaboración propia.]

La siguiente figura muestra como se posicionaría el lateral a la hora de imprimir (la cara de la derecha es la parte más interna de la impresora):

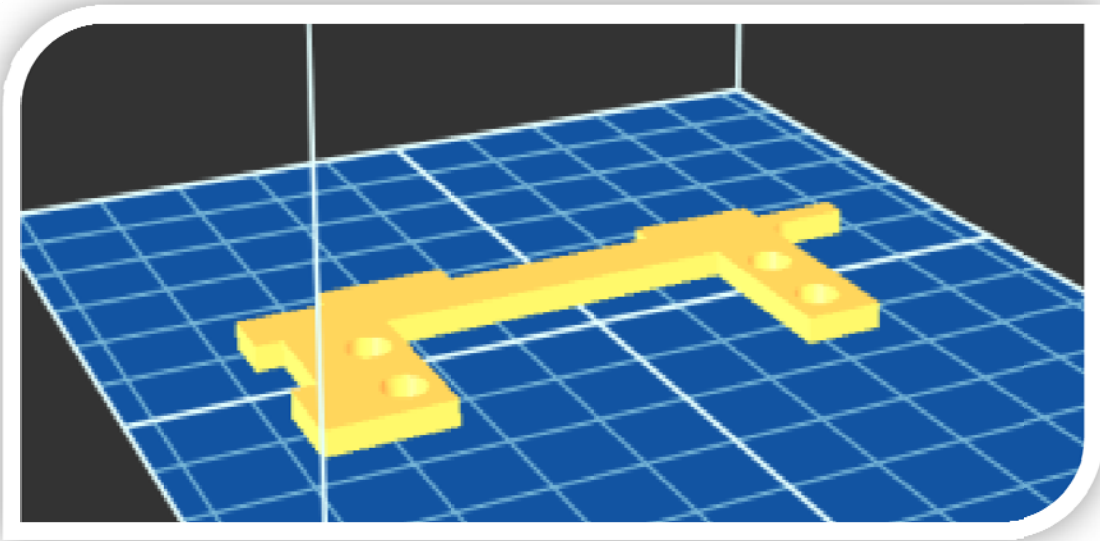


Figura 43: Posición de impresión del lateral. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Omega porta infrarrojos.**

El principal cometido de esta pieza es el de proporcionar alojamiento a los sensores de infrarrojos.

Debido a la sensibilidad de los sensores de infrarrojos es muy importante que esta pieza sujete firmemente los cuatro sensores, sin holguras y sin estrecheces.

Es por esto por lo que la velocidad de impresión tiene que ser de un valor muy bajo para que acabado sea el mejor posible, aunque siempre se den variaciones en las dimensiones finales debido al cambio del volumen del plástico con la variación de la temperatura.

En cuanto al infill de la pieza no es necesario que sea un valor elevado ya que los sensores infrarrojos no son pesados.

Raft no es necesario debido al pequeño tamaño de la pieza y al corto periodo de tiempo que lleva su impresión, pero si se utiliza multiply, que en esta pieza sí es posible, sí que sería necesario utilizar la opción de raft.

A continuación se resumen en una tabla los parámetros de impresión utilizados:

Parámetro	Valor
Infill	20%
Feedrate	15 mm/s
Raft	SI
Multiply	SI

Tabla 5: Parámetros de impresión de la omega porta infrarrojos. [Fuente: Elaboración propia.]

La siguiente figura muestra como se posicionaría la pieza a la hora de imprimir (la cara de la derecha es la parte más interna de la impresora):

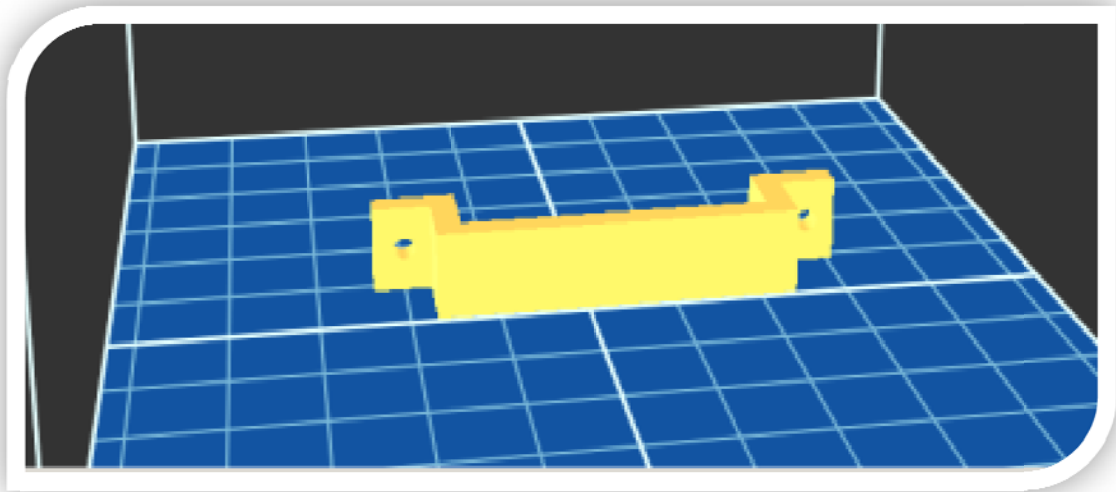


Figura 44: Posición de impresión la omega para infrarrojos. [Fuente: Elaboración propia.]

Como se observa en la figura, no hay muchas opciones a parte de la que se muestra, ya que se podría imprimir rotada 90º, pero tras varias pruebas, se observa que la parte superior se combe, provocando que los sensores no se pudieran alojar correctamente aunque los taladros quedasen mejor definidos.

- **Rueda.**

Las ruedas van a ser dos elementos que también van a verse sometidos a solicitudes muy intensas, por lo que se necesita que sean lo más rígidas posibles y con cierto nivel de definición para que encaje el eje del servomotor y la junta tórica.

Es por esto por lo que el valor de infill ha de ser elevado y la velocidad de impresión (feedrate) ha de ser media.

Raft no es necesario porque la propia forma de la pieza permite que se fije bien a la base de impresión, aunque se ha constatado que si la velocidad de impresión es muy alta (cosa que no se recomienda), la pieza acaba malformada.

En cuanto al uso de multiply, en este caso no se puede utilizar debido a que en la plataforma de impresión no entran dos ruedas.

A continuación se resumen en una tabla los parámetros de impresión utilizados:

Parámetro	Valor
Infill	30%
Feedrate	15 mm/s
Raft	NO
Multiply	NO

Tabla 6: Parámetros de impresión de la rueda. [Fuente: Elaboración propia.]

La siguiente figura muestra como se posicionaría la pieza a la hora de imprimir (la cara de la derecha es la parte más interna de la impresora):

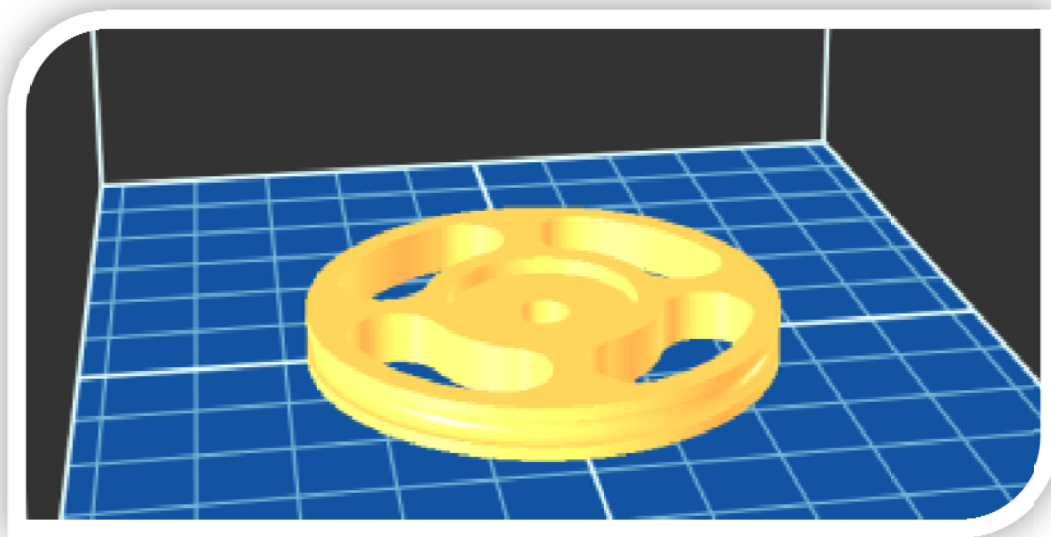


Figura 45: Posición de impresión de la rueda. [Fuente: Elaboración propia.]

En el caso de la rueda, sólo hay que tener en cuenta a la hora de imprimir que el vaciado en la zona central para alojar la “llanta” del servo esté en la parte superior. De lo contrario la pieza acabaría estropeada.

Como nota adicional, se recomienda prestar especial atención a la hora de retirar la rueda tras la impresión, ya que se queda bastante adherida a la base, aunque no se haya utilizado raft, y si se fuerza puede provocar que la rueda se doble.

- **Rueda loca.**

La rueda loca como su propio nombre indica necesita una alta libertad de movimiento para poder permitir al robot girar en todas las direcciones que necesite.

Es por esto por lo que al igual que con las ruedas motrices, necesitamos unos valores altos de infill de cara a que tenga una alta resistencia y una velocidad baja de impresión para que el eje pueda entrar bien a través del agujero y la junta tórica asiente bien en el canal que se ha diseñado para tal efecto.

El tamaño de la rueda loca es pequeño por lo que se puede activar la opción multiply, pudiéndose imprimir hasta nueve unidades a la vez y sin necesidad de activar el raft.

Es por esto por lo que la impresión de esta pieza es la que menos tiempo conlleva de todo el chasis del Skybot.

A continuación se resumen en una tabla los parámetros de impresión utilizados:

Parámetro	Valor
Infill	30%
Feedrate	15 mm/s
Raft	NO
Multiply	SI

Tabla 7: Parámetros de impresión de la rueda loca. [Fuente: Elaboración propia.]

El posicionamiento de la rueda loca en la base de la impresora 3D no es crítico, por lo que se puede colocar a lo largo de cualquier parte en el plano XY siempre respetando la posición que se muestra.

La siguiente figura muestra como se posicionaría la pieza a la hora de imprimir (la cara de la derecha es la parte más interna de la impresora):

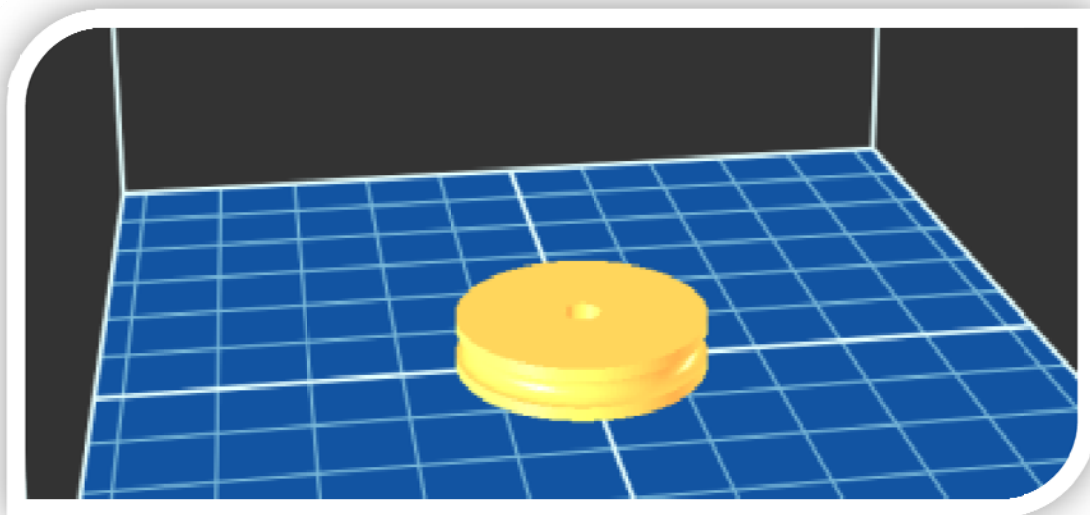


Figura 46: Posición de impresión de la rueda loca. [Fuente: Elaboración propia.]

PROCESO DE MONTAJE:

En este capítulo, se va a describir cuáles son los pasos a seguir para completar con éxito el montaje del chasis del Skybot.

- **Paso 1.-** La primera etapa es imprimir utilizando la impresora 3D todas las piezas que componen el chasis y realizar el acopio de toda la tornillería, sensores y tarjetas que monta el Skybot. En la siguiente tabla se puede observar las piezas que componen el chasis, la cantidad de ellas necesarias para cada robot y el tiempo de impresión de cada una:

Elemento	Cantidad	Tiempo de impresión
Base delantera	1	1h30min
Base trasera	1	1h15min
Lateral	2	30min
Frontal	1	30min
Omega	1	12min
Rueda motriz	2	1h30min
Rueda loca	1	12min
Soporte rueda loca	1	30min
Total	10	6h15min

Tabla 8: Tabla de tiempos de impresión por pieza. [Fuente: Elaboración propia.]

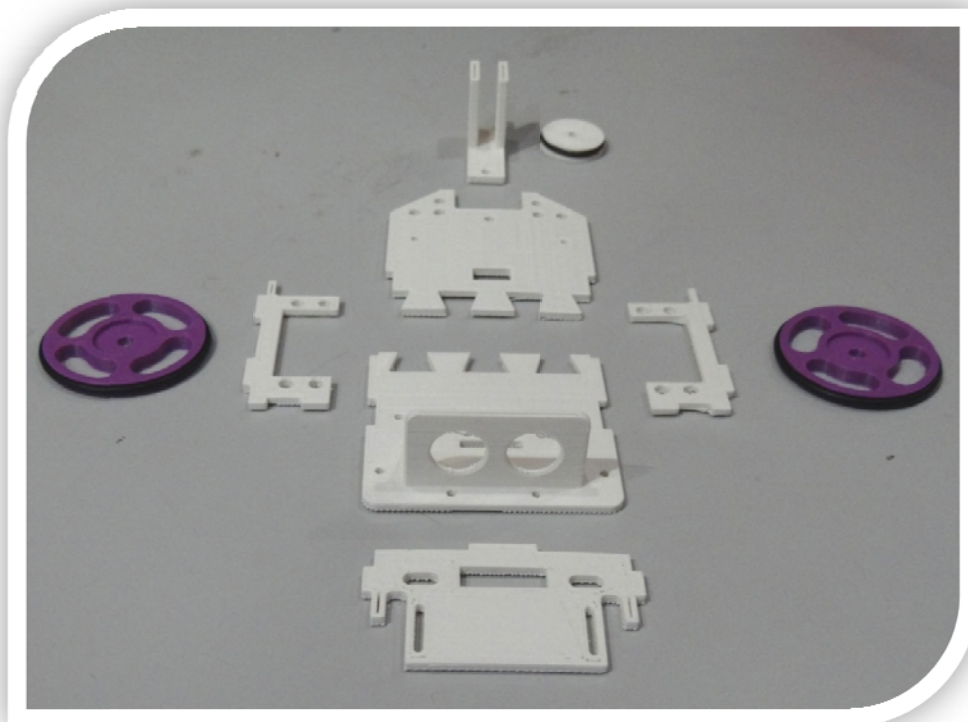


Figura 47: Despiece del chasis del robot. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 2.-** Lijar las piezas que lo necesiten ya que pueden quedar restos de raft o pequeñas imperfecciones que dificulten *a posteriori* el montaje.
- **Paso 3.-** Pegar la base delantera y la base trasera utilizando adhesivo de cianoacrilato. Se puede dar el caso de que debido al largo tiempo de impresión que requieren las dos piezas que componen la base se produzca un pandeo en la pieza.

Por eso hay que asegurarse a la hora de pegar las dos piezas de que la base quede lo más plana posible para que posteriormente las tarjetas tengan un plano lo más horizontal posible donde apoyar al igual que el resto de piezas.

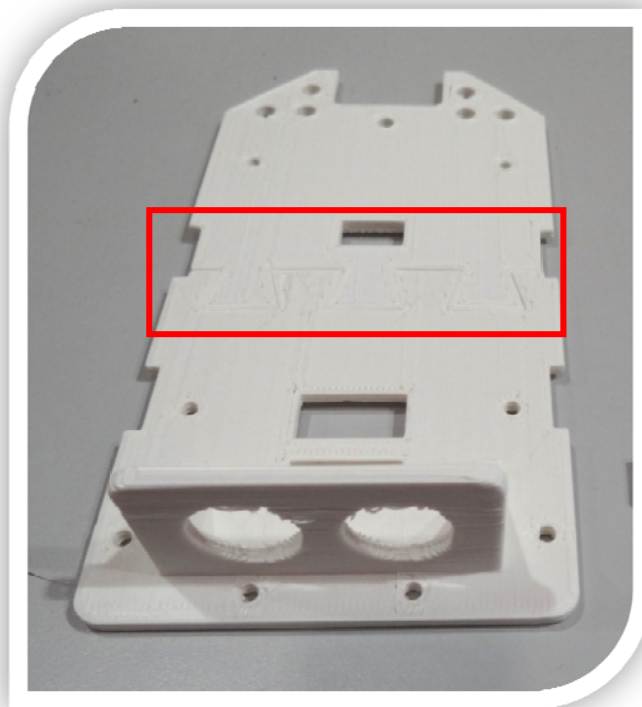


Figura 48: Detalle del montaje de la base. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 4.-** Colocar en la ranura de la base delantera el frontal y pegarlo. Asegurándose de que se consigue el mayor contacto posible entre las dos piezas. Si por cuestiones de impresión, se observa un mal contacto, lijar las piezas hasta alcanzar un contacto óptimo.

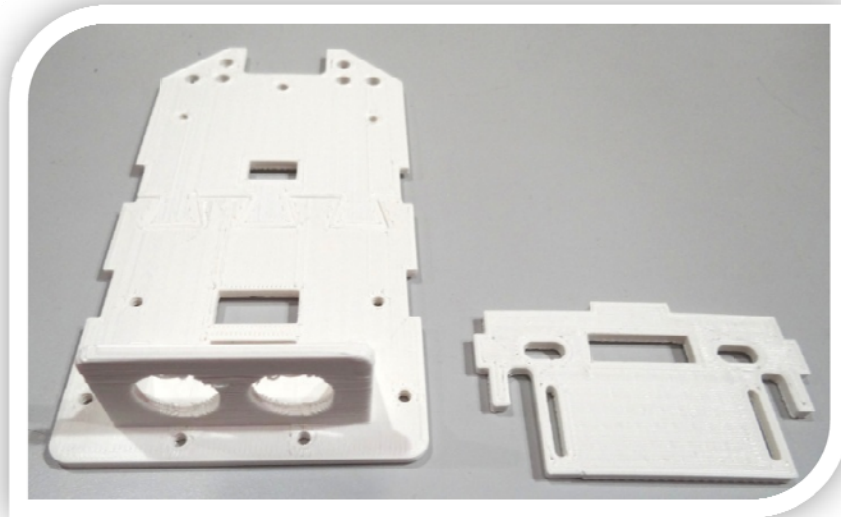


Figura 49: Base más frontal. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 5.-** Encajar y pegar cada uno de los laterales con el frontal y las dos bases. Lijar en las zonas en las que sea necesario para conseguir un buen contacto entre piezas.

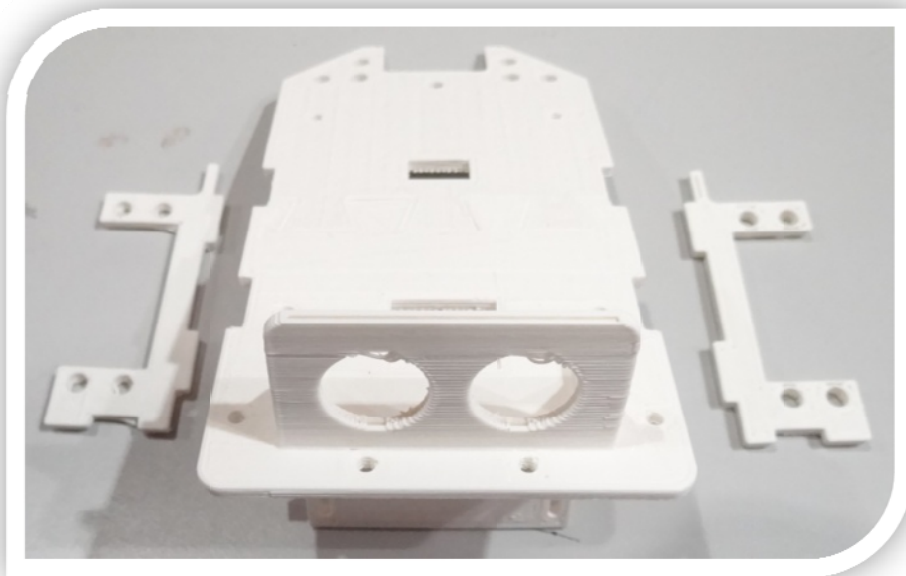


Figura 50: Laterales. [Fuente: Elaboración propia.]

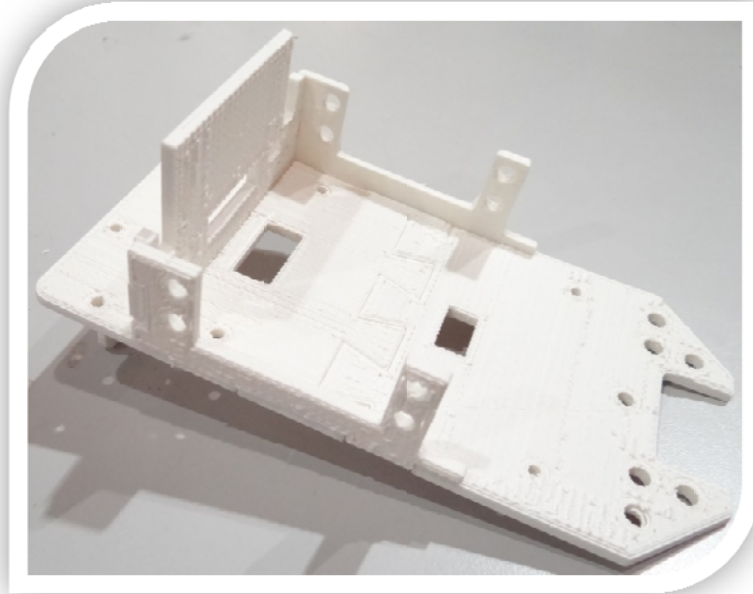


Figura 51: Laterales y frontal una vez montados. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 6.-** Atornillar los servomotores Futaba a los laterales utilizando cuatro tornillos M4x12, cuatro arandelas M4 y cuatro tuercas M4. Hay que intentar que queden lo mejor apoyados en el lateral posible para que posteriormente la tracción sea correcta.

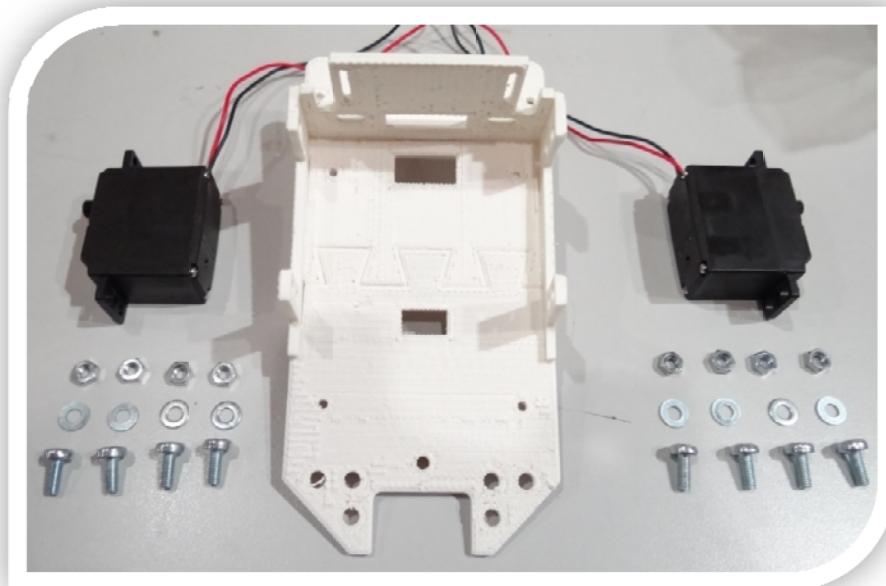


Figura 52: Montaje de los servomotores. [Fuente: Elaboración propia.]

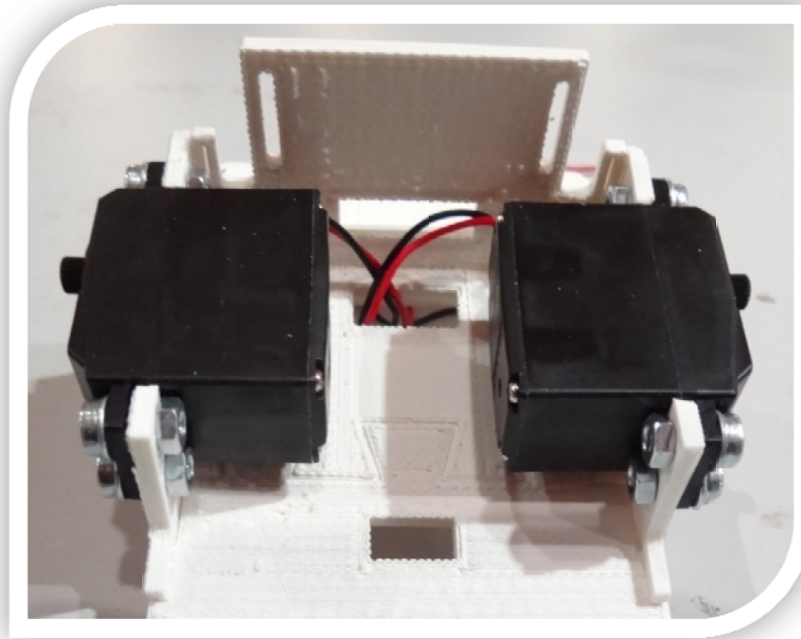


Figura 53: Servomotores instalados. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 7.-** Para asegurar un correcto agarre cuando se ponga en movimiento el Skybot, colocar una junta tórica en las dos ruedas motrices y en la rueda loca.
- **Paso 8.-** Encajar cada una de las dos ruedas motrices en el eje de cada servomotor.

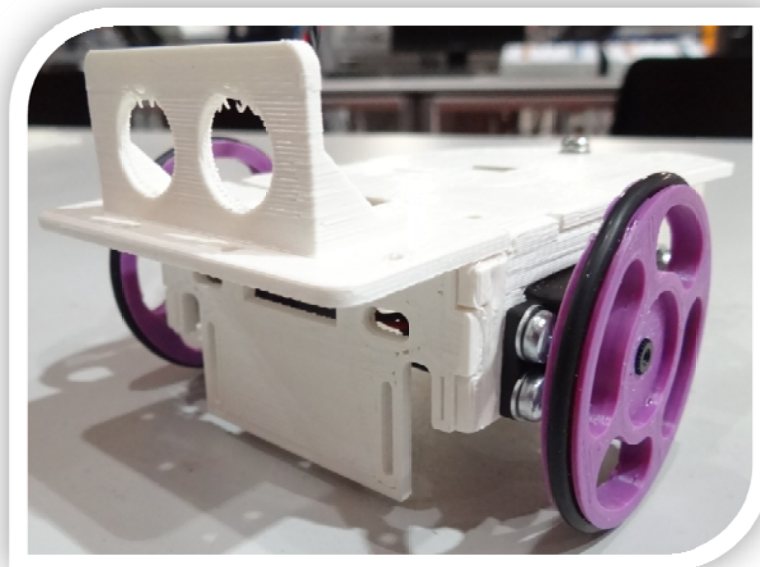


Figura 54: Ruedas ya instaladas. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 9.-** Colocar un tornillo de M3x20, una arandela de M3 y una tuerca de M3 a modo de eje, entre el soporte de la rueda loca y la rueda loca.
- **Paso 10.-** Atornillar el conjunto de la rueda loca a la base trasera utilizando un tornillo de M4x15, una arandela de M4 y una tuerca de M4.

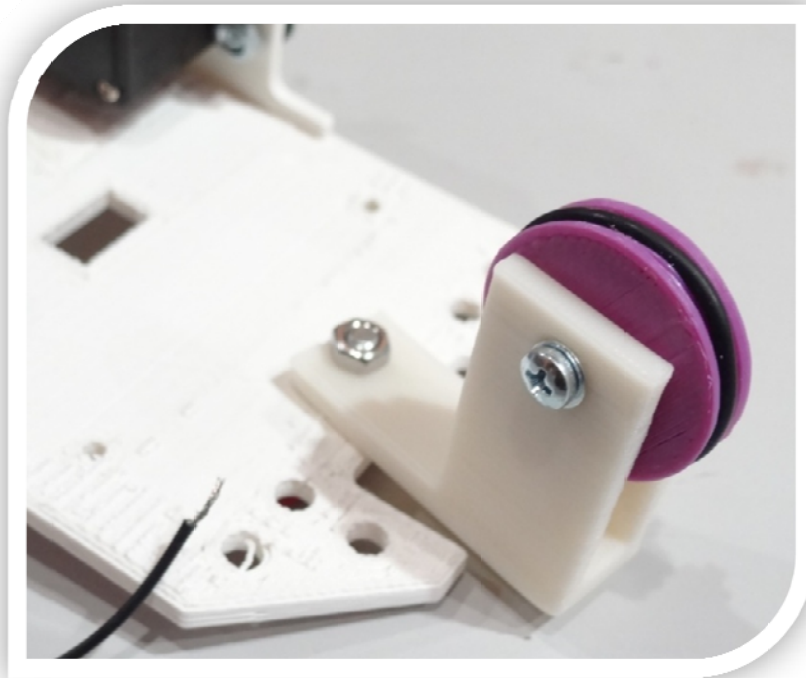


Figura 55: Detalle de la rueda loca montada en la base. [Fuente: Elaboración propia.]

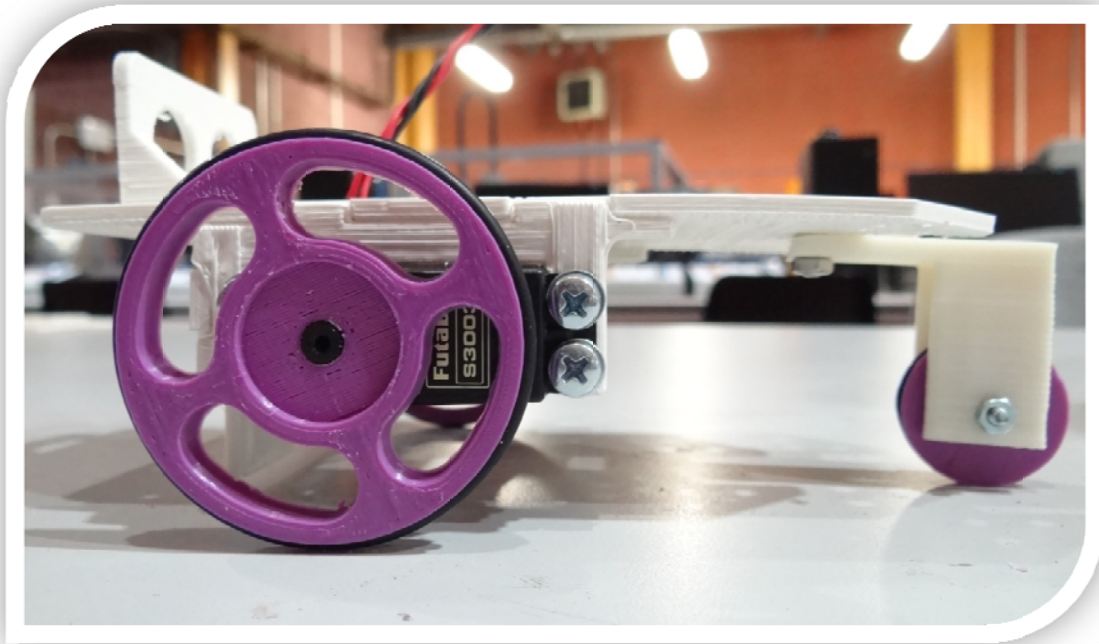


Figura 56: Vista lateral del chasis. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 11.-** Colocar los bumpers frente a sus respectivos taladros en la base delantera y atornillarlos utilizando dos tornillos M3x20, dos arandelas M3 y dos tuercas M3.

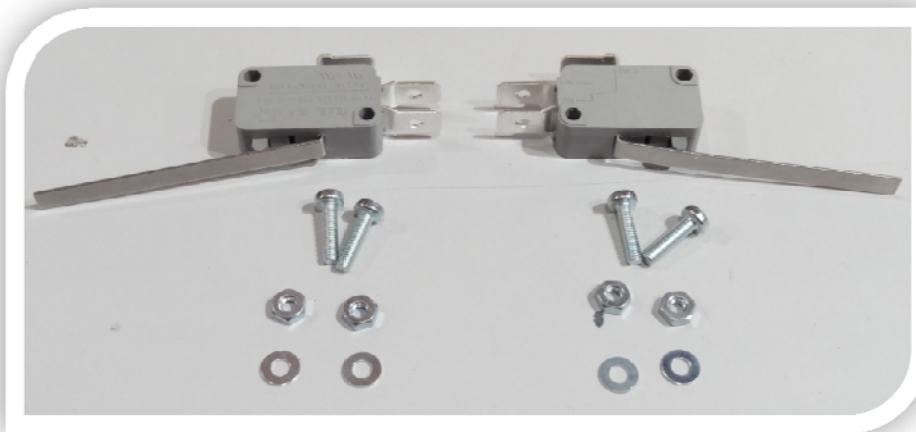


Figura 57: Detalle de los sensores de contacto. [Fuente: Elaboración propia.]

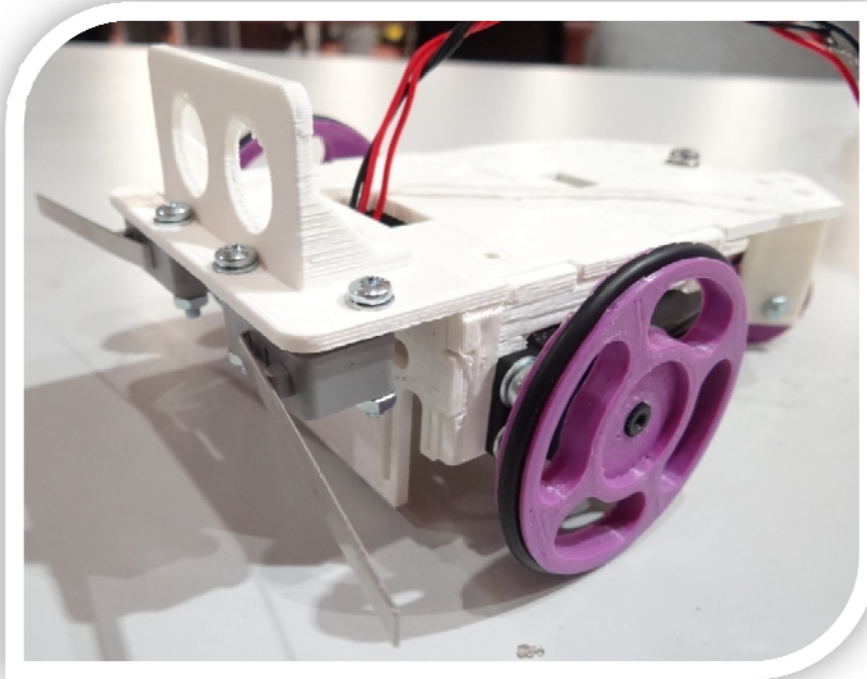
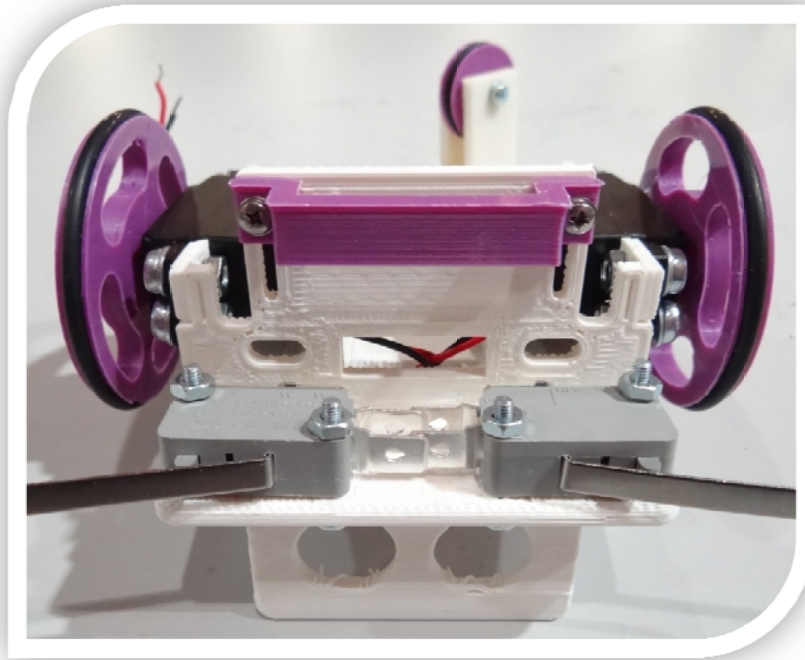


Figura 58: Sensores de contacto instalados. [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 12.-** Colocar el sensor de ultrasonidos en su alojamiento de la base delantera. No va atornillado, encaja por presión. Hay que tener cuidado a la hora de encajarlo procurando hacer la presión en la pieza y en la PCB no en los sensores en sí.
- **Paso 13.-** Ajustar los sensores de infrarrojos a la distancia al suelo deseada y fijarlos utilizando la omega al frontal con dos tornillos M2,5x12 , dos arandelas M2,5 y dos tuercas Mx2,5. Prestar especial atención a colocar los sensores lo más paralelos posible al suelo para que su funcionamiento sea lo más correcto.



*Figura 59: Detalle de la parte frontal del robot (el robot está dado la vuelta) .
[Fuente: Elaboración propia.]*

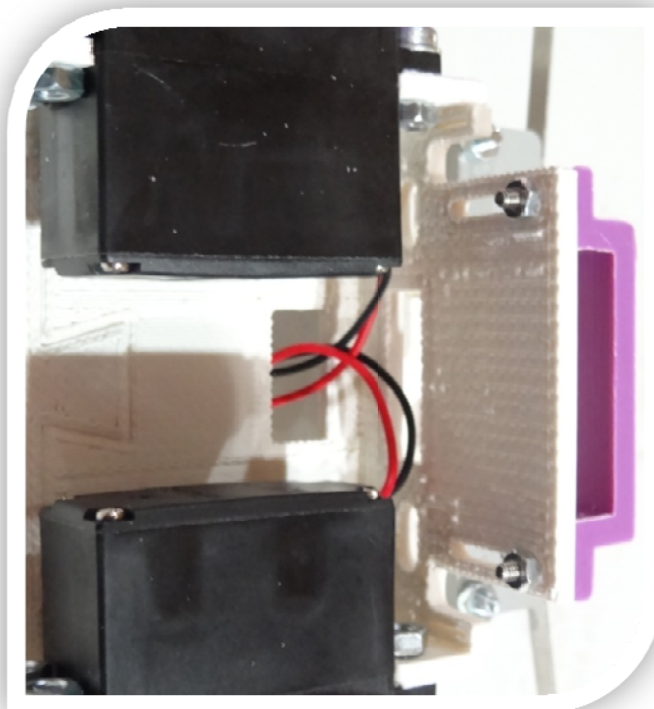


Figura 60: Detalle de la parte frontal del robot visto desde atrás (el robot está dado la vuelta) . [Fuente: Elaboración propia.]

- **Paso 14.-** Colocar las cuatro torretas en sus respectivos agujeros y colocar encima la electrónica:

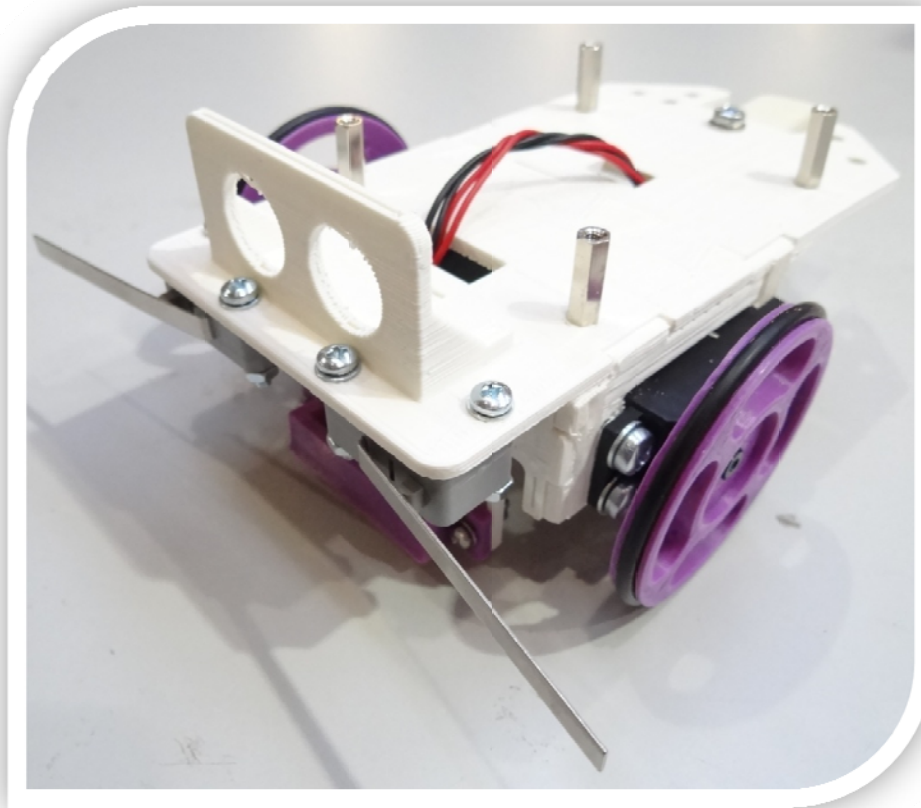


Figura 61: Chasis finalizado. [Fuente: Elaboración propia.]

Con esto, el montaje estaría acabado.

PRESUPUESTO:

El objetivo del proyecto es el de partiendo de un robot existente, el Skybot, mejorar su chasis mecánico para conferirle mayor rigidez, ligereza y alojar los nuevos sensores que se van a instalar en él.

Una vez que se tenga un prototipo fiable, el siguiente paso es imprimir utilizando una impresora 3D diez copias para poder utilizarlo con fines académicos.

Es por esto que las principales necesidades del proyecto van a ser:

1. Costes de personal:

Según se puede ver en el Diagrama de Gantt del Anexo, la duración del proyecto se extiende desde el 02/01/12 hasta el día 28/03/12.

Las principales fases que se muestran en el Diagrama de Gannt son las siguientes:

- **Documentación y estudio previo:** Abarca todo el periodo de tiempo desde que se empieza a trabajar en el proyecto hasta que se empieza a hacer algo productivo, como puede ser el estudio previo del anterior Skybot o la realización de un seminario sobre cómo utilizar la impresora 3D. Este periodo abarca un poco más de dos semanas y no se solapa con ningún otro. Desde el punto de vista económico, el costo de esta etapa es sólo mano de obra.
- **Diseño 3D del nuevo chasis:** Abarca la realización de los modelos 3D utilizando el software de diseño de todas las piezas que conforman el chasis del nuevo robot. Esta tarea dura algo más de tres semanas y se puede solapar parcialmente con la siguiente fase. Como el software de diseño es gratuito, el costo de esta etapa es de mano de obra únicamente
- **Fabricación del primer prototipo:** Abarca el periodo de tiempo de la impresión y el montaje del primer prototipo de chasis. Dura una semana y media y se puede solapar parcialmente con la fase anterior de diseño 3D. El costo asociado a esta etapa es mano de obra, de impresora 3D y de plástico.
- **Rediseño de piezas:** Abarca la modificación, impresión y montaje de las piezas del chasis que han necesitado un rediseño. No se solapa con ninguna otra tarea y su duración aproximada es de una semana y media. El costo asociado a esta etapa es mano de obra, de impresora 3D y de plástico.
- **Fabricación en serie:** Abarca el periodo de tiempo de fabricación y montaje de todos los chasis que hay que fabricar. Se pueden ir solapando las tareas

de impresión y montaje. La duración de esta etapa es de casi siete semanas, siendo ésta la etapa más larga de todo el proceso. El costo asociado a esta etapa es mano de obra, de impresora 3D y de plástico.

Este periodo de tiempo es para una sola persona y a media jornada, es decir, dedicando cada día 4 horas de su tiempo.

Además durante la fase de impresión de las piezas, la ocupación de esa persona no es del 100% sino que puede estar dedicada a otras labores ya que durante el proceso de impresión, la persona encargada de supervisar el proceso sólo necesita estar al tanto de que la impresión comience bien, y de que la alimentación de plástico no se interrumpa en ningún momento. Se estima que la ocupación va a ser del 25%.

De este modo el número de horas de mano de obra necesaria por etapas es la siguiente:

Etapa	Número de horas	Ocupación (%)	Nº total de horas
Documentación y estudio previo	44	100	44
Diseño 3D	56	100	56
Primer prototipo	32	43,75	14
Rediseño	32	62,5	20
Fabricación de la serie	92	64,13	59
Total			193

Tabla 9: Tabla de tiempos necesarios por fase del proyecto. [Fuente: Elaboración propia.]

El número de horas totales sería de 193 horas para una persona. Si se contempla el precio de la hora a 20 euros la hora. El coste total de mano de obra asciende a **3.860 euros**.

2. Costes de material:

Los principales costes de material van a ser la propia impresora 3D y el hilo de plástico ABS que conforma las piezas.

El coste de la impresora es de 1.400 euros (1.749 dolares). Ver Anexo para más detalle.

El coste del plástico ABS es de 29.56 euros un rollo de 2kg de hilo. Más que suficiente para imprimir los diez robots más las piezas que puedan salir mal. Consultar el anexo para más detalle.

En la siguiente tabla se muestra más esquemáticamente a cuánto asciende el coste total.

Concepto	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Impresora 3D	1 ud.	1.400	1.400
Plástico ABS	2 Kg	29,56	29,56
Mano de obra	193	20 euros	3.860
Total			5.289,56

Tabla 10: Coste total del proyecto. [Fuente: Elaboración propia.]

De manera que el presupuesto total de este proyecto es de **5.289,56** euros*.

Claramente, la mano de obra es lo más caro de este proyecto, ya que el precio de la impresora 3D se ha repercutido en su totalidad, pero dicha impresora, servirá para producir otros muchos proyectos a lo largo de su vida útil.

*Nota: En este presupuesto no se incluyen los costes asociados a la electrónica y el de los sensores ya que es objeto de otro proyecto.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO:

Tras la realización de este proyecto se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. Gracias a los contenidos open source podemos tener todos los datos de partida necesarios del Skybot de una manera gratuita y sencilla para partiendo de él, mejorarlo y crear otro robot con más funciones, mejor chasis y 100% imprimible. Toda esta información también es open source para que cualquier persona en seguir evolucionando este robot lo haga, o si simplemente quiere tomar una parte lo haga. De esta manera el conocimiento se transmite y los desarrollos son mucho más rápidos y potentes.
2. Con un buen software de diseño y una impresora 3D con una calidad aceptable se pueden reducir al mínimo el número de elementos comerciales necesarios para la fabricación del chasis del robot. Únicamente ha habido que comprar elementos de unión como tornillos, tuercas y arandelas, reduciendo el coste y el peso del robot.
3. Tras imprimir una flota de diez robots se puede concluir que la calidad de las piezas impresas utilizando la impresora 3D está al mismo nivel que las que se cortan por láser teniendo estas un coste y un plazo de entrega mayor.
4. Todos los elementos que podamos imprimir con las impresoras 3D se pueden modificar en tiempo real y volverlos a imprimir pasados unos minutos con las mejoras o modificaciones pertinentes, por lo que el diseño es mucho más dinámico y rápido.

De cara a un trabajo futuro se pueden hacer varias cosas:

1. Si se puede disponer de una impresora 3D “casera” de nueva generación que permita imprimir piezas de 20x20 cm, se podría modificar el diseño para que todo el chasis se compusiera de cinco partes, no de ocho como hasta ahora, lo que aportaría al robot u chasis más rígido y fiable y un menor tiempo de fabricación.
2. Con el fin de minimizar el material necesario en cada pieza y el tiempo de impresión de cada robot, se podría hacer el chasis más ligero posible, estudiando la resistencia de dicho chasis en una primera etapa utilizando un software de elementos finitos y posteriormente probándolo con un chasis real.

Bibliografía:

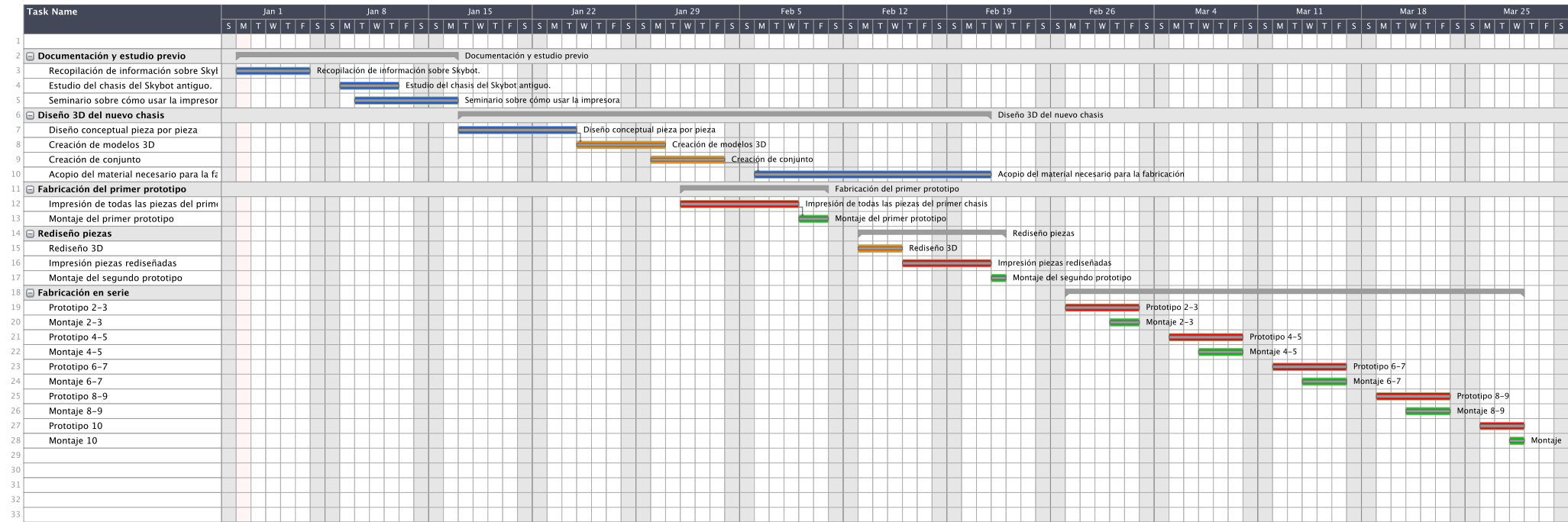
- Recursos en formato físico:
 1. Pinillos Gordon, Asier: “Manual práctico de Solid Edge v.18: El sistema modelador de sólidos más fácil de aprender y manejar” Ed. Múgica 2006.
 2. Meneses Alonso, Jesús; Álvarez Celdas, Carolina; Rodríguez Fernández, Santiago: “Introducción al Solid Edge” Ed. Thomson 2006.
 3. Díaz Otero, Jul: “Modelado 3D con Solid Edge” Ed. Imprenta Gonmar 2004.
 4. Albisua Garmendia, Joaquín: “El libro del Solid Edge: Actualizado a la versión 9” Ed. Donostiarra 2001.


- Recursos en formato electrónico:
 1. <http://www.learobotics.com> Se encuentra toda la información referente al Skybot entre otros diseños.
 2. <http://www.thingiverse.com> Es portal sobre impresión 3D con información para mejorar la impresión e ideas de nuevos diseños.
 3. <http://asrob.uc3m.es> Portal de la asociación de robótica de la UC3M con cantidad de información sobre impresión 3D.
 4. http://en.wikibooks.org/wiki/OpenSCAD_User_Manual Manual de OpenScad
 5. <http://sourceforge.net/apps/mediawiki/free-cad/> Manual de usuario de FreeCad.
 6. http://wiki.ultimaker.com/ReplicatorG_User_Manual Manual de usuario de ReplicatorG.

7. <http://sourceforge.net/> Portal sobre impresión 3D.
8. <http://www.makerbot.com/> Página donde se vende la impresora 3D que se utiliza en este proyecto. Abundante información sobre consejos de impresión, fallos y nuevos diseños.
9. <http://reprapworld.com/> Sitio web donde se pueden comprar componentes de impresoras 3D y el plástico ABS necesario para imprimir.
10. <http://production3dprinters.com/> Portal sobre impresoras industriales 3D.
11. http://www.reprap.org/wiki/Main_Page Portal sobre impresoras 3D a nivel académico.
12. <http://www8.hp.com/uk/en/products/3d-printers/index.html> Impresoras 3D de HP.
13. <http://jeelabs.org/> Foro sobre impresión 3D.
14. <http://www.smartsheet.com/> Portal dedicado al Project management.

Anexos:

Diseño Chassis Skybot










Double click on above image to view full picture


-


+

MORE VIEWS



MakerBot Replicator™ (10-12 week leadtime)

 **Tweet** 308

 **Me gusta** 2,1

[Email to a Friend](#)

[Be the first to review this product](#)

Availability: In stock.

\$1,749.00

Quick Overview

The MakerBot Replicator™ is the ultimate personal 3D printer, with single or dual extrusion (2-color printing)--and a bigger printing footprint, giving you the superpower to print things BIG!

Note that this is a pre-order! The Replicator™ will ship with a lead time of approximately 10-12 weeks.

StepStruder MK8 *

Choose an Option...

Shipping Insurance *

-- Please Select --

* Required Fields

\$1,749.00

Qty:

Product Description

Assembled Kit Availability: Ships with a 10-12 week lead time when listed as "In stock".***

The New MakerBot Replicator™

The MakerBot Replicator™ is the ultimate personal 3D printer, with dual extrusion (2-color printing)--and a bigger printing footprint, giving you the superpower to print things BIG! Assembled in Brooklyn by skilled technicians, the MakerBot Replicator™ is ready within minutes to start printing right out of the box.

Personalized manufacturing using a MakerBot Replicator™ opens up a world of innovation, customization and creativity. Create your own 3D designs or download one of the thousands of models from Thingiverse.com, and turn your ideas into real, physical objects.

custom gifts for special occasions. Design it, MakerBot it and give it away. With a MakerBot Replicator™, you've got an inexhaustible supply of awesome.

The MakerBot Replicator™ - A Tool from Tomorrow, Today

The MakerBot Replicator™ is a new way of making the things you want and need. The MakerBot Replicator™ embodies the spirit of innovation, allowing you to make things right when you need them and right where you are. Instead of going shopping, MakerBot it!

Plus, if there's an apocalypse this year, those with a MakerBot Replicator™ will be equipped to create anything needed for survival. Get a MakerBot Replicator™ to create the things you'll need when the world ends and stores close down.

Fully Assembled, Factory Tested, Dedicated Support

Each MakerBot Replicator™ is assembled by hand in the MakerBot workshop in Brooklyn NY. If you have questions or need our assistance, the MakerBot Support Team is available to make sure you have a positive experience, right out of the box. When you get your MakerBot Replicator™, you'll have your machine up and running in no time.

Make It Big

The MakerBot Replicator™ makes big things. With a build envelope that's roughly the size of a loaf of bread, it gives you the power to go big. Make an entire chess set with the press of a button. Friends, co-workers, and family will see the things you make and say "Wow!"

Big Decision: Should you buy a single or dual extrusion MakerBot Replicator™?

The new MakerBot Stepstruder™ MK8 is the extruder part of the machine that turns raw feedstock into the objects of your desire. This engineering marvel sits at the heart of every MakerBot. The MakerBot Stepstruder™ is built on years of successful engineering. You can order your MakerBot Replicator™ with single or dual MakerBot Stepstruders on it. By choosing the dual extrusion option, you'll print with two different colors at the same time. MakerBot Dualstrusion™ unlocks the ability to make beautiful combinations of colors and opens the door to experimenting with multi-material objects. Choosing a single extruder makes the machine cheaper for those wanting to explore the power of the MakerBot Replicator™ on a budget.

Onboard Interface Controller

Each MakerBot Replicator™ now ships standard with an LCD panel and video-game-style control pad. The LCD screen provides build statistics and monitoring information, and full control of the machine without the use of a computer. Using the SD Card slot, you can load models and begin builds directly from the control pad. Pack up the Bot, and grab your SD Card and you're ready to go to your friends birthday and make all the party favors. Print anywhere!

Open Source Hardware

MakerBot Industries believes in the power of sharing. We encourage MakerBot Operators to publish their designs to Thingiverse so that others may be inspired by their work and build on it. We lead by example by sharing the machine designs including the lasercut files and the software that runs our machines.

Includes Plastic!

Single-extruder machines include one kilogram spool of natural ABS plastic, and dual-extruder machines include two kilogram spools, one natural and one black!

Product Highlights

- The MakerBot Replicator™ is assembled and tested prior to shipment.
- Go big! With a print volume of more than 300 cubic inches, you'll be making things the size of a loaf of bread.
- A new world of color. By choosing the dual extrusion option you can make multicolored objects.
- Low cost consumables. Print in either ABS (what Lego® is made of) or PLA (a bio-material made from corn).

Technical Specifications

Printing

- Build envelope: 225 x145 x150 millimeters or 8.9 x 5.7 x 5.9 inches
- Build Volume: almost 5 liters
- Layer thickness: Choose .2-.3mm with stock nozzle.
- Stock nozzle diameter: 0.4 mm
- Speed: 40 mm/s
- Flow rate: approximately 24 cc/hr
- Maximum recommended extruder temperature: 230 C
- Maximum temperature for heated build platform: 120 C
- Positioning precision: 2.5 micron on Z axis 11 micron on XY axes

Electronics

- MakerBot MightyBoard single-piece motherboard
- 5 axis, 1/16 micro-stepping motor control
- 4x20 LCD character display and multi-directional control pad
- Piezoelectric buzzer
- Software-controllable RGB LED lighting
- Universal Power Supply - 100-240V, 50/60Hz, 4.0A (input), and takes standard IEC cable

Software

- Controlled through ReplicatorG™
- Compatibility: Linux, Windows, and OSX
- Print from SD card or over USB
- Input file type: STL, gcode

Materials

- Works with ABS, PLA, and other materials
- Filament diameter: 1.75 mm

Mechanical

- Linear ball bearings
- Precision ground 8 mm shafts
- Durable ABS injection-molded parts

- Snap-on, snap-off carriage assemblies
- Overall dimensions: 320 x 467 x 381 millimeters or 12.6 x 18.4 x 15 inches
- Shipping weight: 32lbs

Support and Documentation

[Click here](#) for the Replicator user guide!

DISCLAIMER. OUR PRODUCTS AND ASSEMBLY KITS MAY BE USED BY EXPERIENCED, SKILLED USERS, AT THEIR OWN RISK. TO THE FULLEST EXTENT PERMISSIBLE BY THE APPLICABLE LAW, WE HEREBY DISCLAIM ANY AND ALL RESPONSIBILITY, RISK, LIABILITY AND DAMAGES ARISING OUT OF DEATH OR PERSONAL INJURY RESULTING FROM ASSEMBLY OR OPERATION OF OUR PRODUCTS.

You may also be interested in the following product(s)



[Kapton 20 mm tape](#)

\$9.25



[Natural ABS 1kg Spool 1.75mm / 1.8mm Filament](#)

\$43.00



[Black ABS 1kg Spool 1.75mm / 1.8mm Filament](#)

\$48.00



[Kapton SuperWide Tape 120mm x 22m](#)

\$25.00

Product Tags

Add Your Tags:

Use spaces to separate tags. Use single quotes (') for phrases.

[HOME](#) [SHOPPING CART](#) [MY ACCOUNT](#) [SERVICE / FAQ](#) [CONTACT](#) [ESTIMATE SHIPPING](#)

Login

LOGIN



Login

Type here your search term

SEARCH

[Advanced Search](#)[Home](#) [Filament](#) [ABS 1.75mm](#)

CATEGORIES

[Cables and wiring](#)[Electronics](#)[Mechanical](#)[Motors](#)[Printed parts](#)[Supplies](#)[Filament](#)[→ ABS 1.75mm \(8\)](#)[→ ABS 3mm \(13\)](#)[→ PLA 1.75mm \(3\)](#)[→ PLA 3mm \(6\)](#)[All Categories A-Z](#)

ABS 1.75MM

SEARCH RESULT - FILTER BY:

Results - 7 products

Category: **Filament**Category: **ABS 1.75mm**

recommended

[More info](#)**ABS - Blue - spool of 1Kg - 1.75mm**

ABS - Blue - spool of 1Kg - 1.75mm

excl € 16.49

incl € 16.49

☐ [Compare](#)

1

[More info](#)**ABS - Red - spool of 2Kg - 1.75mm**

ABS - Red - spool of 2Kg - 1.75mm

excl € 29.56

incl € 29.56

☐ [Compare](#)

1

[More info](#)**ABS - Yellow - spool of 1Kg - 1.75mm**

ABS - Yellow - spool of 1Kg - 1.75mm

excl € 16.49

incl € 16.49

☐ [Compare](#)

1

[More info](#)**ABS - Green - spool of 1Kg - 1.75mm**

ABS - Green - spool of 1Kg - 1.75mm

excl € 16.49

incl € 16.49

☐ [Compare](#)

1

[More info](#)**ABS - Black - spool of 2Kg - 1.75mm**

ABS - Black - spool of 2Kg - 1.75mm

excl € 29.56

incl € 29.56

☐ [Compare](#)

1

[More info](#)**ABS - White/Neutral - spool of 2Kg - 1.75mm**

ABS - White/Neutral - spool of 2Kg - 1.75mm

excl € 29.56

incl € 29.56

☐ [Compare](#)

1

[More info](#)**ABS - Green - spool of 2Kg - 1.75mm**

ABS - Green - spool of 2Kg - 1.75mm

excl € 29.56

incl € 29.56

☐ [Compare](#)

1

[To page top](#)

RECENTLY VISITED

[DELETE](#)

Last visited categories

[→ ABS 1.75mm](#)

SHOPPING CART

0 items

Total:

€ 0.00

[→ Shopping Cart](#)